الصناعات الكيميائية

الجزء الثانى

اللدائن والراتينجات والألياف الصناعية



دار الفكر العربى

الصناعات الكيميائية

اللدائن والراتينجات والألياف الصناعية

طرق تحضيرها ـ تشكيلها ـ استخداماتها

تأليف الأستاذ الدكتور

أحـــمد مدحت إسلام

أستاذ الكيمياء المتفرغ

وعميد كلية العلوم الأسبق بجامعة الأزهر

١٤١٨هـ / ١٩٩٧م

ملتزم الطبع والنشر

دار الفكر العربي

٩٤ شارع عباس العقاد ـ مدينة نصر ـ القاهرة

ت : ٢٧٥٢٧٩٤ ـ ٢٧٥٢٩٨٤

٦٦٥,٥ أحمد مدحت إسلام.

أح ص ن الصناعات الكيميائية: اللدائن والراتينجات، والألياف الصناعية: طرق تحضيرها، تشكيلها، استخداماتها/ تأليف أحمد مدحت إسلام. ـ القاهرة: دار الفكر العربى، ١٩٩٧.

١٣٥ ص: إيض ؛ ٢٤سم .

تدمك : ٩٧٧ - ١٠ - ٠٩٩٤ - x.

١ ـ الصناعات الكيميائية. ٢ ـ البلاستيك. ٣ ـ الألياف الصناعية. أ ـ العنوان.

محتويات الكتاب

الموضوع | الصفحة

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

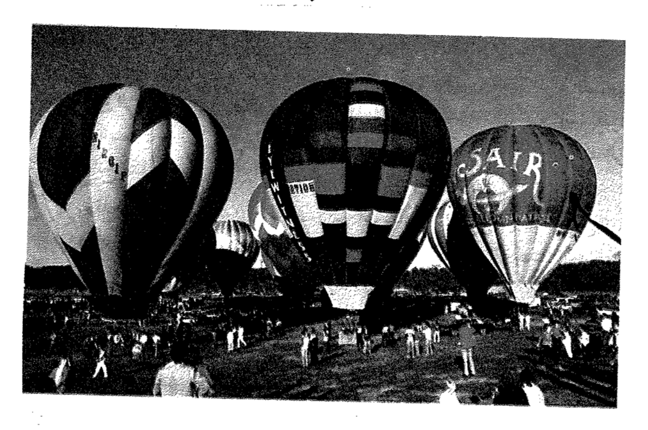
يتناول هذا الكتاب واحدا من أهم فروع الصناعات الكيميائية المعروفة اليوم، وهو الفرع الخاص بصناعة اللدائن والراتينجات والألياف الصناعية.

ويتضمن الكتاب عرضا مبسطا لأنواع اللدائن والراتينجات التى من أصل طبيعى والخيوط والألياف الصناعية الناتجة منها، وكذلك اللدائن والراتينجات المخلقة فى المعامل بكافة أنواعها، والخيوط والألياف الصناعية المحضرة منها.

وقد اعتمد هذا الكتاب على أسلوب الشرح المبسط لمختلف العمليات الصناعية مع البعد عن المعادلات الكيميائية المعقدة كلما أمكن ذلك، مع بيان أوجه الاستعمالات المختلفة لكل هذه المواد، وبذلك يعد الكتاب دليلا وافيا لمن يريد الاطلاع على هذا الفرع الهام.



مقدمة



فى منتصف هذا القرن، أو قبل ذلك بقليل، انتشرت فى الأسواق سلع مختلفة استخدمت فى صنعها مواد جديدة بدلا من المواد التقليدية التى درج الإنسان على استخدامها، مثل الخشب، والفلزات، والزجاج، والصينى وغيرها، وبمرور الوقت حلت هذه المواد الجديدة التى عرفت باسم اللدائن محل هذه المواد التقليدية واستخدمت فى مختلف الأغراض.

كذلك استنبط العلماء من مثل هذه الراتينجات أليافا صناعية استخدمت فى النسيج وفى غير ذلك من الأغراض، وحلت بعض هذه الألياف الصناعية محل الألياف الطبيعية التى درج الإنسان على استخدامها فى تحضير كسائه وملابسه مثل ألياف السليولوز المستخرجة من الخشب أو القطن، أو الكتان، وهى ألياف من أصل نباتى، أو مثل ألياف الحرير والصوف وهى ألياف من أصل حيوانى.

وهذه الألياف الصناعية التى استحدثها الإنسان تنتج من مواد تحضر فى المعامل عن طريق بعض التفاعلات الكيميائية، وهى بذلك لا تخضع فى إنتاجها

إلى التقلبات الجوية أو وفرة المياه كما فى حالة الألياف الطبيعية المستخرجة من النباتات، ولا تخضع لانتشار الأوبئة كما فى حالة الألياف الطبيعية المستخرجة من الحيوانات.

وقد كان المشتغلون بالكيمياء فيما مضى يضيقون بظهور بعض المواد الصمغية التى تشبه الراتينجات الطبيعية، فى نهاية التفاعلات التى يقومون بها، وكانوا يلقون بهذه الراتينجات جانبا باعتبارها دليلا على فشل هذه التفاعلات لأنها لم تؤد إلى تكون ناتج متبلور.

وقد تنبه الكيميائيون فيما بعد إلى أهمية هذه المواد الراتنجية التى يعاود ظهورها دائما فى تفاعلات بعينها، وراحوا يبحثون عن طبيعة هذه المواد وعن خواصها وتركيبها.

وهكذا يمكن القول أن اكتشاف الراتينجات واللدائن لم يكن شيئا عرضيا حدث بمحض الصدفة، ولكنه كان، فى حقيقة الأمر، وليد البحث العلمى الموجه الذى قام به عدد كبير من علماء الكيمياء، الذين كانوا يعرفون تماما ما يبحثون عنه.

وقد استخدمت الراتينجات الطبيعية منذ زمن بعيد، فقد عرفها المصريون القدماء، ومن بعدهم الرومان، واستخدموا بعض الكتل الشمعية الناتجة من بعض النباتات فى كثير من الأغراض، وورثنا نحن عن الرومان الشمع الأحمر المستعمل فى وضع الأختام على الوثائق والمستندات.

كذلك جاء أول استخدام للكيزين الذى يفصل من اللبن، على يد الفراعنة الأسرة الثامنة عشرة، وورد وصف استخدام الكيزين فى تثبيت الألوان على الجدران فى ورقة بردى مصرية قديمة من عصر هذه الأسرة.

ولم يستعمل الكيزين بعد ذلك إلا فى القرن التاسع عشر، فقد استخدمه طباع ألمانى يدعى «كريشه» «W. Krische» عام ١٨٩٧ فى تغطية ورق الكرتون لزيادة نعومة سطحه وجعله صامدا للرطوبة والماء.

وقد اكتشف بعد ذلك فى زمن لاحق أن الكيزين يتفاعل مع الفورمالدهيد ليعطى مادة تجعل الورق صامدا للماء عند تغطية سطحه بها.

وقد عـرف السثايرين أيضـا عام ١٨٣١ ، وصنعت منه لدائن شـفافة تشـبه الزجاج عند تعرضه للضوء والحرارة، كمـا حضرت أسيتات السليولوز عام ١٨٦٥ بواسطة الألمانى «شوتزنبرجر» «Schutzenberger».

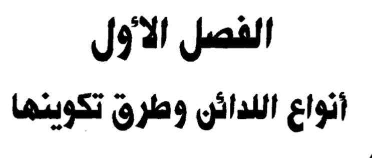
أما لدائن الفاينيل فقد عرفت منذ نحـو ١٢٠ عاما، عندما لاحظ الكيميائى الفرنسى «رينو» «Regnault» أن مركـب كلوريد الفاينيل يتـحول إلى مـادة تشـبه الزجاج عندما يوضع فى أنبوبة مغلقة ويعرض لضوء الشمس.

وفى عام ١٨٧٢ أثبت العالم الألمانى «باير» «Bayer» أن الفينول يتفاعل مع الفورمالدهيد ليعطى مادة راتينجيـة تتحول إلى جسم صلب، ولم يستفد «باير» من هذا الاكـتشـاف وتوقفت بحـوثه عند هذا الحد، ولكن من المعـتقـد الآن أن هذا التفاعل الذى اكتشفه «باير» كان البداية الحقيقية لصناعة اللدائن التى نعرفها اليوم.

ويمكن القـول بأن صناعة اللدائن ليـست صناعة جـديدة بمعناها المفـهوم، فبعض هذه المواد الراتينجـية كان مستخدما فى بداية القـرن العشرين، قبل الحرب العالمية الأولى، كما كانت صناعة السليولويد معروفة فى ذلك الحين.

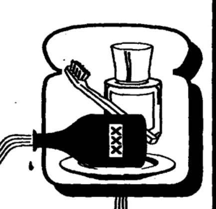
ولكن صناعة اللدائن بأنواعها المختلفة لم تنتشر انتـشارا حقيقيا إلا فى الفترة التى تقع بين بداية الحرب العالمية الثانية فى عام ١٩٣٩ ، أو ربما قبلها بقليل، وبين منتصف القرن العشرين، وهى الفترة التى عرفت فيها أنواع متعددة من الراتينجات واللدائن، وتم فيها إنتاجها واستخدامها فى مختلف الأغراض.

وقد يرى بعـض الناس صعوبة مـا فى إطلاق كلمة اللدائن. ومـعناها المواد اللدنة أو اللينة أو المرنة، على المنتجـات الصلبة أو الجامدة التى يرونـها حولهم فى المنازل وفى كل الأسواق، ولكن لفظ اللدائن يطلق فى حقـيقة الأمر على كل مادة كانت لها صفة المرونة فى أى مرحلة من مـراحل تصنيعها، وتكون لها القدرة على التشكل بواسطة الحرارة والضغط.



الفصل الأول

أنواع اللدائن وطرق تكوينها



أنواع اللدائن:

لدائن من أصل طبيعى

لدائن مخلقة

لدائن لدنة حراريا

لدائن جامدة حراريا

طرق تكوين اللدائن

البلمرة بأنواعها

التكثيف

المواد المضافة للدائن والبوليمرات

الملونات

المواد المالئة

المواد الملونة والأصباغ

أنواع اللدائن

تختلف بعض اللدائن اختلافا كبيرا فى تركيبها، ويمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما:

أولا ـ لدائن من أصل طبيعى

وهى اللدائن التى تعتمد فى إنتاجها على بعض الألياف الطبيعية مثل ألياف السليولوز الناتجة من الخشب والقطن، ومن أمثلتها لدائن النتروسليولوز، وأسيتات السليولوز وإثيراته، وبعض خيوط الحرير الصناعى مثل الفسكوز والرايون.

كذلك تنتمى إلى هذه المجموعة لدائن الكيزين، وهى تعتمد فى صنعها على التفاعل بين الكيزين الذى يفصل من اللبن، وبين الفورمالدهيد.

ثانيا: لدائن مخلقة

وهى اللدائن التى يتم تخليقها فى المعامل من جزيئات كيميائية صغيرة الحجم لتكوين جزيئات عملاقة تتكون من سلاسل تتابع فيها وحدات هذه الجزيئات. وتحضر هذه اللدائن إما بطريقة البلمرة مثل لدائن البولى إيثلين والبولى بروبيلين ولدائن الفاينيل والبولى ستايرين، وإما بطريق التكثيف مثل لدائن الباكلايت والبولى إستر وغيرها.

كذلك يمكن تقسيم اللدائن إلى نوعين آخرين، ويعتمد هذا التقسيم على مسلك اللدائن تجاه كل من الحرارة والضغط، فيوصف بعضها بأنها لدنة حراريا ويوصف بعضها الآخر بأنها لدائن جامدة حراريا.

١ ـ لدائن لدنة حراريا Thermoplastic

وهى المواد التى تصبح لينة عند تسخينها، ويمكن بذلك تشكيلها بالحرارة والضغط، ثم تتصلب عند تبريدها وتحتفظ بشكلها.

ويمكن إعادة تشكيل هذه المواد مرات ومرات بالحرارة والضغط، مادامت الحرارة المستعملة لا تحدث بها تغييرا كيميائيا أو تغير من تركيبها. ومن أمثلة هذه المواد الراتينجات الطبيعية والشموع والبتيومين، ولدائن السليولوز، والبولى إيثيلين والبولى ستايرين وغيرها.

٢ ـ لدائن جامدة حراريا Thermosetting

هذا النوع من اللدائن يحدث به تغير كيميائى عند تعرضه للحرارة والضغط، فتتحول المادة من الحالة المرنة أو اللينــة إلى الحالة الجامدة ولا يمكن بعد ذلك إعادة تشكيلها، لأن السلاسل الطويــلة التى تتكون منها جزيئاتها وهى فى حــالتها اللدنة تتحول بالحــرارة والضغط إلى تركيب شبكــى ثلاثى الأبعاد وتحتفظ بهــذا التركيب الذى لا يمكن تغييره بعد ذلك.

ومن أمــثلة هذه اللدائن الجامــدة حراريا لدائن البــاكلايت، ولدائن اليــوريا ولدائن الميلامين وغيرها.

طرق تكوين اللدائن

تتكون اللدائن من جــزيئات كبــيرة الحجم تتكون ســلاسلها باتحاد جــزيئات صغيرة معا، وتتكرر وحدات هذه الجزيئات الصغيرة على طول السلسلة.

وهناك طريقتــان رئيسيتــان لتكوين اللدائن المخلقة، تعرف إحداهمــا بطريقة البلمرة، وتعرف الأخرى بطريقة التكثيف.

١ ـ البلمرة Polymerization

تتضمن عملية البلمرة اتحاد عدد كبير من جزيئات صغيرة غير مشبعة بعضها ببعض لتكوين جزيئا واحدا كبير الحجم، تتكرر فى سلسلته وحدات هذه الجزيئات الصغيــرة التى تعرف باسم «المونومر» «Monomer»، ويعرف الجزىء الكــبير الناتج باسم «البوليمر» «Polymer».

وأبسط أفراد هذه المجــموعة بوليمــر البولى إيثيلين الــذى تتكرر فى سلسلته وحــدات الإثــيلين آلاف المرات، وقد يــصــل وزن البــوليــمــر الجزيــئى إلــى أكثــر مــن ٣٠,٠٠٠.

وهناك بوليمــرات أخرى كــثيرة تتكون بهــذا الأسلوب، وهى تشبــه البولى إيثلين فى تركيبه، ولكن تستبدل إحدى ذرات الهدروجين فى جزىء الإثيلين بذرة أخرى أو بمجموعــة من الذرات لتعطى لدائن متنوعة الخواص وإن كانت مــتشابهة

فى التركيب إلى حد ما، ففى حالة بولى كلـوريد الفاينيل تستبدل ذرة الهدروجين بذرة كلور، وفى حالة بولى أسيتات الفاينيل تستبدل بمجموعة أسيتات، وفى حالة البولى ستايرين تستـبدل بمجموعة فنيل. أما فى حالة البولى بروبلين فـتستبدل ذرة الهدروجين فى جزىء الإثيلين بمجموعة مثيل كما فى المثال التالى:

$$n\ CH_2 = CH - X \longrightarrow [-CH_2 - \underset{\displaystyle X}{\underset{|}{C}}H -]_n$$

	[البوليمر]	[المونومر]
[H = X]	بولى إثيلين	إثيلين
[CH_3 = X]	بولى بروبيلين	بروبيلين
[CI = X]	بولى كلوريد الفاينيل	كلوريد الفاينيل
[OAc = X]	بولى أسيتات الفاينيل	أسيتات الفاينيل
[C_6H_5 = X]	بولى ستايرين	ستايرين

ويختلف كل بوليمـر من هذه البوليمرات فى خواصه وفى اسـتعمالاته عن البوليمرات الأخرى.

وقد يشتـرك فى عملية البلمـرة نوعان من المونومرات لتكوين بوليـمر واحد تتكرر فى سلسلته وحـدات هذين المونومرين. وتعرف هذه البلمـرة باسم «البلمرة المشتـركة » «Copolymerization»، ومن أمـثلتهـا البلمرة المشـتركـة بين كلوريد الفاينيل وأسيتات الفاينيل.

وتتم عملية البلمرة عادة فى وجود «بادئ» «Initiator» وهى مادة تساعد على تنشيط الجزيئات وبدء تفاعل البلمرة، وتتعدد أنواع المواد البادئة، فقد تكفى الحرارة أو الضوء وحده لبدء التـفاعل، وقد يكون البادئ على هيئة فـوق أكسيد أو ألكيل فلز أو غير ذلك.

وهنـاك صـور متعـددة لتفاعل البـلمرة، فقد تتم باسـتـخدام المونـومـر مع البـادئ فقـط دون الـحـاجـة إلى وجود وسـط ما، ويـعـرف هـذا النـوع بـاسـم

«البلمرة الكتلية» «Mass Polymerzation»، ولهذه الطريقة عدة عيوب منها صعوبة انتقال حرارة التفاعل، وزيادة لزوجة خليط التفاعل بشكل ظاهر، بالإضافة إلى صعوبة التخلص من جزيئات المونومر غير المتفاعلة فى نهاية عملية البلمرة.

وهناك نوع آخر من البلمرة يعرف باسم «البلمرة فى المحلول» «Solution Polymerzation»، ويجرى فيها تفاعل البلمرة فى وجود مذيب يذوب فيه المونومر والبادئ، ويسهل فى هذه الطريقة التحكم فى درجة حرارة التفاعل، وفى درجة لزوجة خليط التفاعل.

وعندما يكون المونومر غير قابل للذوبان فى الماء، يمكن إجراء عملية البلمرة بنشر المونومر على هيئة معلق يتكون من قطيرات صغيرة منه فى الماء، وتعرف هذه البلمرة باسم «بلمرة المعلق» «Suspension Polymerization»، وقد يحتاج الأمر إلى إضافة مادة استحلاب إلى وسط التفاعل للمساعدة على انتشار المونومر وزيادة سرعة التفاعل، وتعرف البلمرة فى هذه الحالة باسم «بلمرة المستحلب» «Emulsion Polymerzation».

٢ ـ التكثيف Palycondensation

تتضمن هذه العملية التفاعل بين جزيئين يحتوى أحدهما على مجموعة كربوكسيل (مجموعة حمضية)، ويحتوى الآخر على مجموعة هدروكسيل (مجموعة كحولية)، كما فى حالة لدائن البولى إستر. كذلك قد يحدث التفاعل بين مجموعة كربوكسيل فى أحد الجزيئات، ومجموعة أمين فى الجزىء الآخر كما فى اللدائن المعروفة باسم لدائن الولى أميد مثل النايلون.

$$\underset{\text{حمض}}{HOOc - R - COOH} + \underset{\text{كحول}}{HO - \acute{R} - OH} \xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{بولى إستر}}{[-O.CO.R.COO.\acute{R}]}$$

$$\underset{\text{حمض}}{HOOc - R - COOH} + \underset{\text{أمين}}{H_2N - \acute{R} - NH_2} \xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{بولى أميد}}{[-OC.R.CONH.\acute{R}NH-]}$$

كذلك قد تتفاعل مجموعة كربونيل مع مجموعة أمين كما فى لدائن الكيزين، أو تتفاعل مجموعة كربونيل مع ذرة هدروجين نشيطة كما فى لدائن الباكلايت، وفى جميع هذه الحالات ينفصل فى التفاعل بعض جزيئات الماء، ولهذا توصف بأنها تفاعلات تكثيف.

المواد المضافة للبوليمرات

لماذا تتصف البوليمرات بصفاتها اللدنة ـ الملدنات ـ المواد المالئة ـ المواد الملونة والأصباغ

لماذا تتصف البوليمرات بصفاتها اللدنة؟

عندما تتفاعل الذرات لتكوين الجزيئات، فإنها ترتبط فيما بينها بروابط تكافؤية تشترك فى تكوينها الإلكترونات.

وتتجاذب الجزيئات المتكونة معا بواسطة قوى أخرى تعرف باسم القوى الثانوية، أو قوى «فان دورفال» وهى قوى كهربائية فى أساسها، ولكنها ضعيفة إلى حد ما وتكفى فقط لتماسك الجزيئات معا كما فى حالة السوائل أو الأجسام الصلبة.

وعندما تبدأ درجة حرارة المادة فى الارتفاع، تبدأ جزيئاتها فى التذبذب أو الاهتزاز، وهو ما يعرف بالاهتزاز الحرارى، وعندما تكون جزيئات المادة صغيرة الحجم، فإن هذا الاهتزاز يؤدى إلى تباعد هذه الجزيئات بعضها عن بعض ثم انفصالها فى نهاية الأمر.

أما عندما تكون جزيئات المادة كبيرة الحجم وتتكون من سلاسل من الذرات كما فى حالة بوليمرات اللدائن، فإن القوى الثانوية، أو قوى «فان دورفال» التى تمسك بهذه السلسلة معا تكون كبيرة نسبيا، وتزيد قيمتها بزيادة طول السلسلة.

وعند ارتفاع درجة حرارة هذه البوليمرات، تبدأ السلاسل المكونة لها فى الابتعاد قليلا بعضها عن بعض، ولكنها لا تنفصل كما فى حالة الجزيئات صغيرة الحجم، لأن القوى الثانوية التى تمسك بها معا كبيرة نسبيا، ولهذا فإن البوليمر لا ينصهر ولكنه يلين تدريجيا بارتفاع درجة الحرارة.

وعند إضافة مذيب ما إلى إحدى هذه اللدائن أو البوليمرات، تبدأ جزيئات المذيب فى التجاذب مع سلاسل البوليمر بواسطة هذه القوى الثانوية، ويبدأ المذيب بذلك فى دفع هذه السلاسل إلى الابتعاد بعضها عن بعض، وتستمر هذه العملية حتى يذوب البوليمر فى المذيب.

أما إذا كانت كمية المذيب صغيرة، وكان قليل التطاير، فإن سلاسل البوليمر لن تذوب، ولكن يصبح لها قدر مناسب من الحركة، ويمكن أن ينزلق بعضها فوق بعض ويصبح البوليمر بذلك أكثر لدونة، ويقال عندئذ أن هذا القدر من المذيب أصبح ملدنا.

ويحدث شيء مماثل عند شد أو مط شريط من إحدى هذه اللدائن أو البوليمرات، وما يحدث فى هذه الحالة هو التغلب نسبيا على القوى الثانوية سالفة الذكر، بطريقة ميكانيكية، فتبدأ بعض سلاسل البوليمر المتشابكة فى التحرك منزلقة على السلاسل الأخرى المجاورة لها.

وعند التخلص من قوة الشد، تعود سلاسل البوليمر إلى وضعها الأول بشرط ألا تكون قوة الشد الأصلية أكبر من قوى التجاذب الثانوية للسلاسل، وتعرف هذه العملية بالامتداد المرن.

أما إذا زادت قوة الشد أو المط على قوى التجاذب الثانوية، فإن سلاسل البوليمر تستمر فى الانزلاق، ويزداد بذلك طول الشريط، وعندما تلتقى أطراف السلاسل معا فى نقطة ما، ينقطع الشريط عند هذه النقطة.

وتنطبق هذه الخواص على البوليمرات اللدنة حراريا، أما البوليمرات الجامدة حراريا، فهى لا تتصرف بهذا الشكل إلا عندما تكون مازالت على هيئة راتينجات قابلة للانصهار، ولكنها تفقد هذه الخاصية تماما بعد تسخينها وضغطها لأنها تتحول فى هذه الحالة إلى تركيب شبكى ثلاثى الأبعاد يجعل منها كتلة واحدة ويمنع تحرك جزيئاتها.

ويمكن بيان عملية الامتداد المرن فى حالة بوليمر البولى ستارين، فهذا البوليمر يتكون من ١٠,٠٠٠ وحدة مونومر (أى من جزيئات الستايرين) ويبلغ

وزن البوليمر الجزيئى نحو مليون، وعند مط سلسلة البوليمر يصبح طولها نحو ٣ ميكرون، وإذا أوقفت عملية المط تعود سلسلة البوليمر إلى حالتها الملتفة ويصبح حجمها الحقيقى نحو $\frac{١}{١٠}$ طولها وهى ممدودة.

وعندما يحتوى البوليمر على سلاسل متفرعة، فإن انتظام هذه المجموعات المتفرعة من السلسلة أو عدم انتظامها يؤثر كثيرا على خواص البوليمر الناتج.

ومثال ذلك بوليمر البولى بروبيلين الذى يوجد على هيئتين، تعرف أولاهما باسم البولى بروبيلين منتظم التفرع، ويتميز بصلابته فى الظروف المعتادة وينصهر عند ١٦٥°م. وتوجد مجموعات المثيل فى هذا البوليمر على جانب واحد من السلسلة.

أما البولى بروبيلين غير منتظم التفرع، فتوجد فيه مجموعات المثيل على جانبى السلسلة دون نظام محدد، ولذلك فهو بوليمر غير جامد ويشبه العجينة وليست له درجة انصهار محددة كما أنه غير هام من الناحية التجارية.

كذلك فى حالة البولى ستايرين، تمتد مجموعات الفنيل فى اتجاهات عشوائية حول السلسلة؛ ولذلك يوصف البوليمر بأنه بوليمر لا بلورى على حين يوصف البوليمر المنتظم بأنه بوليمر بلورى تعمل فيه أو فى أجزاء منه القوى الثانوية (قوى فان دورفال) على انتظام ترتيب السلاسل، ويصبح لمثل هذا البوليمر درجة انصهار محددة.

أما البوليمر اللابلورى فليست له درجة انصهار محددة، ولكن له درجة يلين عندها، وهى تعرف باسم درجة حرارة الانتقال الزجاجى [Tg] وهذه البوليمرات اللا بلُّورية تكون صلبة تحت هذه الدرجة، وعالية اللزوجة فوقها.

ولترتيب سلاسل البوليمر أهمية كبرى، فوجودها موازية بعضها لبعض على طول محور الألياف يسهل من عملية تدفقها ومرورها على هيئة خيوط من خلال ثقوب مغزل دقيق.

المواد المضافة للدائن والبوليمرات

هناك عدة مواد تتم إضافتها عادة للدائن والبوليمرات لتحسين خواصها وزيادة متانتها ومقاومتها للاستعمال، ولجعلها أكثر قبولا عند عامة المستهلكين.

وأهم هذه المواد هى الملدنات، والمواد المالئة، والمواد الملونة أوالأصباغ التى تجعل اللدائن أكثر رونقا وجمالا.

أولا : الملدنات Plasticizers

الملدنات مواد تضاف إلى اللدائن لتحسين صفاتها وزيادة مرونتها، وهى تحول اللدائن من حالتها الصلبة إلى حالة لدنة، وبذلك تمنع تقصفها أو حدوث شروخ بسطوحها.

وأهم ما يميز هذه المواد الملدنة هى أن تكون لها القدرة على الاندماج بين سلاسل البوليمر، وأن يكون ضغطها البخارى منخفضا، أى أن تكون قليلة التطاير حتى تبقى فى داخل اللدائن ولا تتبخر منها بمرور الوقت.

وتتحقق هذه الشروط فى كثير من الإسترات أو الإثيرات الأليفاتية أو الأورماتية، ومن أمثلتها فثالات المثيل، وفثالات الإثيل، وفثالات البيوتيل، وثلاثى فنيل الفوسفات [فوسفات ثلاثى الفنيل]، وفوسفات ثلاثى الكريزيل، وكذلك بعض إسترات الأحماض الدهنية أو السلفوناميدات، وبعض إسترات الجليسرين خاصة تراى أسيتين.

ولكل نوع من اللدائن مواد ملدنة خاصة تستعمل معها، وما قد يصلح منها للاستعمال مع بوليمر ما قد لا يصلح للاستخدام مع آخر والسبب فى ذلك هو مدى قدرة المادة الملدنة على الانتشار بين سلاسل البوليمر، ومن أمثلة ذلك أن بوليمرات أو لدائن السليولوز لا يصلح معها إلا الكافور كمادة ملدنة.

ثانيا : المواد المالئة Fillers

تضاف بعض المواد عادة إلى اللدائن فى أثناء تحضيرها أو فى أثناء عمليات تشكيلها، وهى تعرف عادة باسم المواد المالئة، وهى تؤدى إلى زيادة صلابة اللدائن

وزيادة متانتها وتؤدى كـذلك إلى زيادة وزنها. يضاف إلى ذلك أن هذه المواد المالئة ترفع من قدرة اللدائن على مقـاومة تأثير الحرارة، ومقاومـة الصدمات، وتزيد من قدرتها على مقاومة الاحتكاك والبرى.

وقد تكون هذه المواد المـالئة على هيئـة مساحيق ناعمة، مـثل الرمل الناعم الخالى من أكاسيد الحديد، أو مثل مـسحوق الخشب أو الزجاج، أو مثل المايكا أو الأسبسـتوس. وقد تضاف هذه المواد المالئـة على هيئة ألياف، مـثل ألياف الزجاج وبعض السليكات، أو مثل ألياف السليولوز أو النايلون أو البولى إستر.

كذلك تستعمل بعض الأكاسيد كمـواد مالئة فى بعض الأحيان، مثل أكسيد الزنك، أو أكسيد الألومنيـوم (الألومينا)، وقد تستعمل بعض الأمـلاح أحيانا مثل كربونات الباريوم لزيادة وزن اللدائن.

وهناك مواد أخـرى ذات صفات خاصـة يمكن استعمـالها كمواد مـالئة فى بعض اللدائن، مثل أمـلاح الرصاص أو أملاح القصـدير التى تساعد على تثـبيت البوليمـر، وكذلك أملاح الكادميـوم وغيرها من الأملاح مثـل كربونات الرصاص القاعديـة التى تضاف إلى بولى كلوريد الفاينيل للمـساعدة على تثبـيته ومقـاومته للعوامل الجوية وغيرها.

كذلك قد تضاف إلى بعض اللدائن مواد خاصة تسـاعد على زيادة مقاومتها للحريـق مثل أكسـيد الأنتـيمون (ثلاثى أكـسيـد الأنتيمـون) أو أوكسيـد كلوريد الأنتيمون.

ثالثا : المواد الملونة والأصباغ

هناك عـدد قليل من اللدائن يمـيل لونها إلى الـصفـرة أو إلى اللون البنى، ولكن أغلب اللدائن المعروفـة تتصف بأنها شـفافة وعديمـة اللون، ويشبه بعضـها الزجاج.

واللدائن بلونهـا الطبـيـعى هذا قـد لا تناسب كل الأذواق، فـأغلب الناس يختارون أدواتهم من الأسواق على أساس الألوان التى يحبونها وتناسب أذواقهم.

ونظرا لتنوع التركيب الكيميائى للدائن، فإنه يصعب اختيار مواد ملونة بعينها تصلح لتلوين وصباغة كل أنواعها، ولكن كل نوع من هذه اللدائن يتطلب استعمال مواد ملونة خاصة به وقد لا تصلح لغيره.

وأهم الصفات التى يلزم توافرها فى المادة الملونة أن تكون عديمة التأثر بالضوء أو بالعوامل الجوية، وألا تغير لون الأدوات التى تلون بها بمرور الوقت وتصبح باهتة. كذلك يجب أن تتصف المادة الملونة بقدرتها على الانتشار فى مادة البوليمر حتى يتوزع اللون فى الأدوات المصنعة منه توزيعا متناسقا، وأن تكون لها قدرة كافية على التغطية.

وهناك عامل آخر يجب أن يتوافر فى المادة الملونة، وهو أن تكون هذه المادة ثابتة للحرارة ولا يحدث أى تغير فى لونها عند درجة الحرارة المستخدمة فى تشكيل البوليمر، وأن تكون غير قابلة للذوبان، وبخاصة عند استخدامها فى تصنيع بعض الأدوات التى تستعمل فى حفظ الطعام أو الشراب، أو عند استخدامها فى صنع أدوات المائدة.

وتتعدد الطرق المستخدمة فى تلوين اللدائن، فقد تخلط المادة الملونة مع عجينة البوليمر أو مع البوليمر الجاف، ثم تطحن جيدا فى طاحونة تعمل بكرات الصلب أو الصينى، حتى يمكن الحصول على خليط ناعم متجانس الألوان.

كذلك يمكن إجراء عملية التلوين فى المحلول أو فى معلق، وتذاب المادة الملونة فى هذه الحالة فى مذيب مناسب، وتستخدم هذه الطريقة فى تلوين وصباغة الفسكوز.

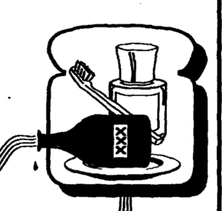
وفى بعض الحالات يمكن صباغة اللدائن بغمرها فى محلول المادة الملونة، ولكن هذه الطريقة لا تصلح إلا فى الحالات التى يكون فيها البوليمر قادرا على الارتباط بجزيئات المادة الملونة المستخدمة. وتصلح هذه الطريقة فى صباغة بوليمرات البولى أميد والبولى إستر.

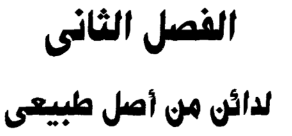
والمواد الملونة التى تستعمل فى تلوين اللدائن متعددة الأنواع، فهى قد تكون عبارة عن مركبات غير عضوية من نوع يعرف باسم «الخضاب» «Pigments» مثل

كبريتيد الكادميوم الذى يعطى لونا يتراوح بين الأصفر والبرتقالى، أو بعض أكاسيد الحديد التى تعطى لونا أصفر أو أحمر ضاربا إلى البنى.

كذلك يمكن استخدام بعض الأصباغ العضوية التى تذوب إلى حد ما فى البوليمر، ولابد أن يؤخذ فى الاعتبار أن تكون هذه الأصباغ ثابتة حراريا، أى لا تتغير بالحرارة، وفى حالة بوليمر مثل البولى ستايرين يتم تشكيله فى درجة حرارة تزيد على ٢٠٠ْم، ولهذا يجب أن تكون المادة الملونة المستخدمة ثابتة عند هذه الدرجة ولا يتغير لونها.

كذلك يجب مراعاة ثبات المادة الملونة تجاه بعض المواد الكيميائية التى يحتوى عليها البوليمر، ومثال ذلك تلوين لدائن الأكريلات فى أثناء عملية البلمرة، وذلك بإضافة المادة الملونة، أى الأصباغ، على هيئة محلول فى الكحول البنزيلى، وعادة ما تستعمل بعض فوق الأكاسيد كمواد بادئة لتفاعل بلمرة الأكريلات، ولذلك يجب أن تكون هذه الأصباغ ثابتة تماما تجاه فوق الأكاسيد المستعملة.





الفصل الثانى

لدائن من أصل طبيعى

أولا ـ السليولوز

النتروسليولوز

أسيتات السليولوز

لدائن السليولوز

خيوط السليولوز

حرير النتروسليولوز ـ حرير الكوبرامنيوم

الفسكوز ـ الرايون ـ حرير الأسيتات

ثانيا ـ لدائن الكيزين

لدائن من أصل طبيعى

يعتـمد هذا النوع من اللدائن على بعض المواد الموجودة طبـيعيا مـثل ألياف السليولوز الطبيعية التى توجد فى الخـشب وفى سيقان النباتات وفى ألياف القطن، أو على مـادة الكيزين التى تفـصل من اللبن بتأثيـر المنفـحة أو بعض الأحـماض المخففة.

أولا: السليولوز

تتكون ألياف السليولوز من جزيئات كبيرة تتحد فيها جزيئات سكر الجلوكوز معـا مكونة سلسلة طويلة قد تصل فيـها عدد وحدات الجلوكـوز إلى نحو ٣٠٠٠ وحدة، وتوصف بالصـيغة الكيـميائية العـامة $[C_6H_{10}O_5]_n$، أو بالصيـغة التركيـبية التالية.

جزىء السليولوز

والخامـة الطبيعـية المستـخدمة فى صنع لدائن السليـولوز هى زغب القطن، وهى القطفـة الثانية مـن نبات القطن بعـد قطف الألياف الطويلة المسـتخـدمة فى النسيج، ويمكن استعمالها مباشرة أو بعد تبييضها إذا كانت هناك حاجة لذلك.

ويمكن كذلك استخدام ألياف السليـولوز الناتجة من الخشب، ويستخدم لهذا الغرض خـشب الحور أو الصنوبر أو خـشب البتـولا، وتقطع جذوع الشـجر إلى أطوال قصيرة مـن ١ ـ ٢ متر، ويزال اللحاء أولا، ثم تغسل بالماء ويعاد تقطـيعها إلى شرائح صغيرة.

وتعامل هذه الشرائح بعد ذلك ببعض المواد الكيميائية التى تؤثر فى اللجنين ولا تؤثر فى السليـولوز، فتـطبخ مع بيكبريتـيت الصـوديوم بواسطة البخـار تحت الضغـط فى غلايات من الصلب الذى لا يصـدأ، ويساعـد ذلك على إذابة بعض الهيميسليولوز واللجنين الذى يمثل نحو ٢٥٪ من وزن الخشب.

ويفصل الـسليولوز ويغســل بالماء، ثم يعامل بغـاز الكلور أو بهيبـوكلوريت الكالسيوم لإزالة ما به من مواد ملونة وتبييضه.

وهناك طريقة أخرى لتحضير السليولوز تغلى فيها شرائح الخشب مع محلول كبريتـيت الصوديوم فى وجود هدروكسـيد الصوديوم. كذلك هناك طريقـة حديثة تعرف باسم الطريقة المستـمرة، تكون فيها أوعية التفاعل على هيـئة أنابيب ضخمة يزيد قطرها على المتر، ويصل طـولها إلى نحو ١٠ أمتـار. وتشحن هذه الأنابيب من أحد أطرافهـا بشرائح الخشب والمحاليل اللازمة، ويخرج السليـولوز من طرفها الآخر، وتعطى هذه الطريقة نحو ٣٠٠ طن من السليولوز كل ٢٤ ساعة.

وأهم مركبات السليولوز المستخدمة فى تحضير اللدائن والألياف الصناعية هى السليولوز نفسه، ولكن نظرا لأن أليافه غير مرنة، فـيتم معاملتها بطرق خاصة كما فى صناعة الفسكوز وخـيوط الرايون. وأهم من السليولوز نفســه بعض الإسترات التى تحضـر منه مثل النتروسليـولوز وأسيتـات السليولوز وغيـرها، وكذلك بعض الإثيرات المشتقة منه مثل إثيل السليولوز أو بنزيل السليولوز.

ويحصل على الإستـرات عادة بتفاعل السليولوز مع الأحـماض، حيث تحل مجموعة الحمض محل ذرة الهدروجين فى مجموعات الهدروكسيل المرقمة ١، ٢، ٣ فى جزىء السليولوز فى الشكل السابق، ففى حالة النتروسليولوز تحل مجموعة النترو محل ذرات الهدروجين فى هذه المجمـوعات، وفى حالة أسيتات السليولوز تحل مجموعة الأسيتات محل مجموعة الهدروكسيل.

$$R - OH + HNO_3 \longrightarrow R - ONO_2 + H_2O$$

$$R - OH + HOOC.CH_3 \longrightarrow R - O.CO.CH_3 + H_2O$$

وعندما تسرى هذه التفاعلات حتى نهايتها يتكون ثلاثى نترات السليولوز وثلاثى أسيتات السليولوز، نتيجة لتفاعل مجموعات الهدروكسيل الثلاث الموجودة بجزىء السليولوز، ويمكن ضبط معدل التفاعل لتقليل عدد مجموعات النترو أو الأسيتات التى تدخل فى جزىء السليولوز.

أما فى حالة إثيرات السليولوز فتحل إحدى مجموعات الألكيل محل ذرة الهدروجين فى مجموعات الهدروكسيل كما فى حالة بنزيل السليولوز حيث [R] فى هذه الأمثلة تمثل جزىء السليولوز.

$$R - O - CH_2 . C_6H_5$$

النتروسليولوز Nitrocellulose

يحضر النتروسليولوز بمعاملة ألياف السليولوز النقية بخليط من حمض النتريك وبعض الماء فى وجود حمض الكبريتيك.

وتعد النسبة بين حمض الكبريتيك والماء على درجة كبيرة من الأهمية، وذلك للتحكم فى درجة «النيترة» «Nitration»، أى للتحكم فى عدد مجموعات النترو التى تدخل فى جزىء السليولوز، والتى تتحكم فى خواص النتروسليولوز الناتج. ويعبر عن درجة النيترة عادة بنسبة النتروجين فى النتروسليولوز المتكون، فكلما زاد عدد مجموعات النترو فى جزىء السليولوز، زادت به نسبة النتروجين.

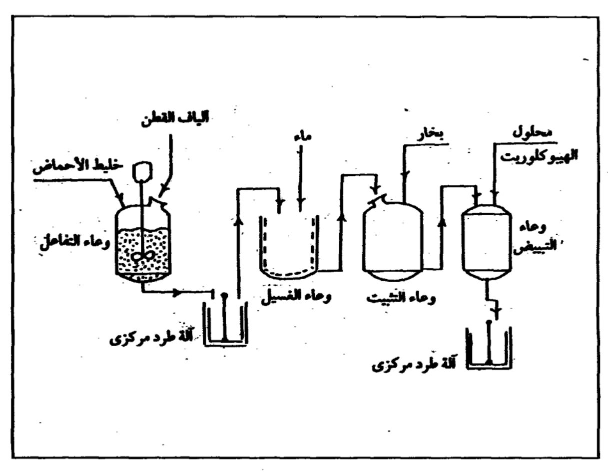
وكانت عملية النيترة تتم فيما مضى بمزج ألياف السليولوز مع خليط الأحماض فى أوعية خاصة، ثم يضاف الماء إلى خليط التفاعل بعد انتهاء النيترة، ولكن هذه الطريقة كانت تؤدى إلى تخفيف الحمض المتبقى فى نهاية التفاعل، وتجعل عملية تركيزه لإعادة استخدامه فى عمليات تالية، على درجة عالية من الصعوبة.

وقد استبدلت هذه الطريقة بأخرى أفضل منها، يتم فيها تصفية الأحماض أولا من خليط التفاعل، ثم يضاف الماء بعد ذلك إلى النتروسليولوز الناتج.

وتتضمن الطريقة الحديثة وضع ألياف القطن فى أوعية من الصلب الذى لا يصدأ، ثم يضاف إليه خليط النيترة الذى يتكون من حمض النتريك والكبريتيك

المركزين، ثم يقلب مخلوط التفاعل مدة من الزمن. وعند نهاية عملية النيترة، يدفع الخليط إلى آلة للطرد المركزى تدار أولا ببطء للتخلص من خليط الأحماض الذى يفصل لإعادة استخدامه، ثم تدار بعد ذلك بسرعة أكبر لطرد ما تبقى من هذه الأحماض عالقا بألياف النتروسليولوز الذى مازال يشبه ألياف القطن الأصلية فى شكلها العام.

وتنتقل بعد ذلك ألياف النتروسليولوز من آلة الطرد المركزى إلى وعاء مبطن من الداخل لحماية سطحه الداخلى من التآكل بواسطة الأحماض، ويضاف إليه الماء لتخفيف بقايا هذه الأحماض وغسل الألياف.



إنتاج النتروسليولوز من ألياف القطن

وعندما يتجمع بوعاء الغسيل قدر مناسب من النتروسليولوز يصل إلى واحد طن مثلا، يسحب ما به من ماء، وتضاف إليه كمية أخرى من الماء لإزالة ما تبقى

من أحمــاض فى ألياف النتروسليــولوز، ثم تدفع الألياف إلى وعاء خــاص يعرف باسم وعاء التثبيت «Stabilizer»، يتم فيه معاملة الألياف بالبخار.

والهدف من عملية التثبيت هو إزالة بعض مجموعات حمض الكبريتيك التى تكون قد اتحدت بمجموعات الهدروكسيل الموجودة بجزىء السليولوز، وتبلغ نسبة هذه المجـموعـات فى المعتـاد نحو ١٪ من وزن الـنتروسليــولوز، وإذا تركت هذه المجموعـات فى جزيئات النتروسليــولوز، فإنها تقلل من ثباتــه تجاه الحرارة، وتقل نسبة مجموعات الكبريتات فى الألياف بعد هذه العملية لتصل إلى نحو ٠,١٪ من وزن النتروسليولوز.

وتدفع ألياف النتــروسليولوز بعد ذلك إلى وعــاء التبييــض، ويتم ذلك عادة باستخدام محلول الهيبوكلوريت، ثم ترشح الألياف فى نهاية هذه العملية على آلة الطرد المركزى.

والنتروسليولوز النــاتج من عملية النيترة يكون على هيـئة كتلة ليفيــة بيضاء اللون، بها نسبة صغيرة من الرطوبة ويمكن نقلها وتناولها دون خطر يذكر.

ويذوب النتــروسليولوز فى المذيبــات العضــوية، وتحضــر منه محــاليل ذات لزوجة منخفضة وسهلة السريان تستخدم فى صنع اللاكيهات والدوكو، كما تحضر منه محاليل عالية اللزوجة تستخدم فى صنع الأغشية الرقيقة والأفلام.

وتعـتمـد لزوجة هــذه المحاليل على نوع المذيب المســتـخدم، وعلى درجـة الحرارة، وعلى حجــم حبيبات النتــروسليولوز. وتقدر لزوجة هذه المحــاليل بعدد الثوانى اللازمة لمرور حجم معين من المحلول خلال فـتحة عيارية، أو بعدد الثوانى التى تستغرقها كرة من الصلب قطرها ٢ مليــمتر للسقوط خلال عمود من المحلول ارتفاعه ٢٥ سم فى مخبار قياسى.

وتحتـوى النتــرات الثــلاثـيـة للنتــروسليـولـوز عــلى ١٤٪ نتروجــين، وهى لا تستعــمل فى صنع اللدائن أو اللاكيهــات، لأنها شديدة الانفجــار، ولهذا فهى تستخدم فى صنع المتـفجرات. أما النتروسليولوز المحـتوى على ١٠,٨٪ نتروجين فهــو يستــخدم فى صنع السليولويــد، وهو يذوب فى الكحول. والنتــروسليولوز

المعروف باسم «قطن الكلوديون» يحتوى على نحو ٩,١١ ـ ٢,١٢٪ نتروجين وهو يذوب فى خليط من الكحول والإثير، ويستعمل فى صنع اللدائن.

أسيتات السليولوز Cellulose Acetate

تشبه أسيتات السليولوز النتروسليولوز فى تركيبها العام، ولكن فى هذه الحالة تحل مجموعات الأسيتات محل ذرات الهدروجين فى مجموعات الهدروكسيل الموجودة بجزىء السليولوز.

وهناك طريقتان لتحضير أسيتات السليولوز، تتضمن الأولى منهما أستلة السليولوز فى وجود حافز للتفاعل، وباستخدام مذيب يسمح بذوبان أسيتات السليولوز الناتجة. أما الطريقة الثانية فهى تتضمن إجراء عملية الأستلة دون مذيب، وهى تسمح ببقاء ألياف السليولوز كما هى محتفظة بشكلها الأصلى دون تغيير ظاهرى.

والطريقة المستخدمة حديثا هى طريقة المذيب، وتعامل فيها ألياف القطن بخليط من حمض الخليك الثلجى (حمض أسيتيك) وأنهدريد الخليك، فى وجود حمض الكبريتيك المركز الذى يعمل حافزا لتفاعل الأستلة، وفى وجود كلوريد المثيلين كمذيب.

وتفاعل الأستلة تفاعل طارد للحرارة، ولذلك يجب إجراؤه عند درجة الصفر تقريبا مع تقليب خليط التفاعل جيدا، لأن درجة الحرارة العالية تتسبب فى تحلل جزيئات السليولوز نفسها مما يؤثر على حصيلة التفاعل.

وينتهى تفاعل الأستلة عندما تختفى ألياف القطن وتذوب تماما فى خليط التفاعل الذى يتحول إلى سائل شرابى القوام.

ويتم التخلص من الأحماض الزائدة بإضافة الماء على دفعات مع التقليب الجيد، ثم بالمعادلة بالقلويات، ويترك الناتج جانبا لمدة تصل إلى نحو ٧٢ ساعة،

والغـرض من ذلك هو إعطاء الفرصـة لأسيتـات السليولوز كى تفـقد جـزءا من مجموعات الأسيتات عن طريق عملية التحلل المائى.

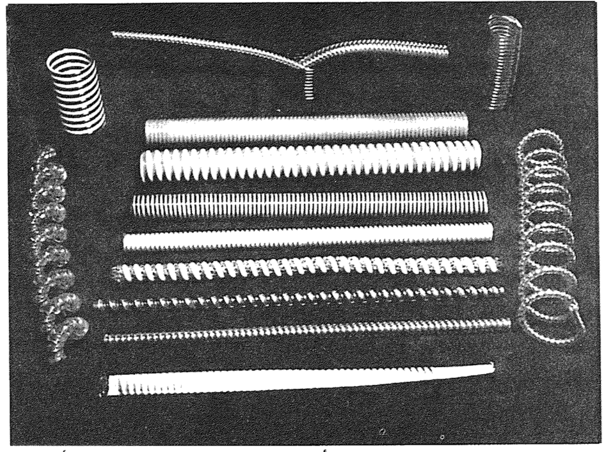
وعند إضافة زيادة من المـاء فى نهاية هذه المدة، تترسب أسيتـات السليولوز على هيئة راسب أبيض يتكون من خليط من الألياف القـصيرة، وبعض المسحوق، ويغـسل هذا الراسب بالماء للتخلص من الأحـماض، ويجـفف عند درجـة حرارة متوسطة.

وأسيتات السليولوز الناتجة بهذه الطـريقة سهلة الذوبان فى الأسيتون؛ ولهذا تعـرف باسم «أسيتـات الأسيتـون»، وهى تحتـوى على نحـو ٥٤٪ بالوزن من مجموعات الأسيتات.

أما الطريقة التى لا يستخدم فيها المذيب، فـهى تؤدى إلى أستلة السليولوز دون أن يذوب، ولذلك لا يشاهد تغير ظاهرى فى ألياف السليولوز رغم تحوله إلى مشتق الأسيتـات. وتعرف أسيتات السليولوز الناتجة بهذه الطـريقة باسم «الأسيتات الليفية»، وتدخل فيهـا مجموعات الأسيتات على مجمـوعات الهدروكسيل الثلاث الموجـودة بجزىء السـليولوز، ولهـذا تعـرف أيضا بـاسم «الأسيتـات الثلاثيـة» «Triacetate»، وهى تحتوى على نحو ٦٢,٥٪ بالوزن من مجـموعات الأسيتات، ولا تذوب فى الأسيتون.

وهناك أنواع أخـرى من مشتـقات السليـولوز، منها بـروبيونات وبيـوتيرات السليولوز، وهى تحضر بطرق مماثلة لتحضير الأسيتات.

كذلك هناك بعض إثيرات السليولوز مـثل إثيل السليولوز وبنزيل السليولوز، وهى تحضر بتفاعل السليولوز مع الكحـول فى وجود مادة ماصة للماء، وفى حالة إثيل السليـولوز يحتوى الجـزىء على مـجمـوعـتين أو ثلاث مـجـموعـات من مجموعات الإيثوكسيل [ROC_2H_5] بالنسبـة لكل وحدة من وحـدات الجلوكوز فى جزىء السليولوز.



مشغولات مختلفة مصنعة من لدائن أسيتات بيوتيرات السليولوز، وهى لدائن أكثر مقاومة لفعل الماء من أسيتات السليولوز وأكثر منها احتمالا

بعض المكعبات ولعب الأطفال زاهية الألوان المصنعة من لدائن أسيتات السليولوز

لدائن السليولوز

تستعمل فى تحضير لدائن السليولوز إما محاليل مخففة من إسترات السليولوز وإما كتل تشبه العجينة فى قوامها.

وتستعمل المحاليل فى صنع الأفلام الرقيقة والأغشية، أما الكتل فتضغط إلى كتل صلبة يمكن أن تقطع منها ألواح متغايرة السمك، أو تقطع إلى شرائح صغيرة يمكن أن تتحول بالحقن إلى قضبان أو أنابيب أو ألواح.

وتحتوى لدائن النتروسليولوز على قليل من الكافور الذى يعمل كمادة ملدنة ويساعد اللدائن على الاحتفاظ بمرونتها، أما لدائن أسيتات السليولوز فتصلح لها أنواع متعددة من المواد التى تساعد على الاحتفاظ بمرونتها، ومن أمثلتها فنالات المثيل.

وتنتج بروبيونات السليولوز على هيئة أقراص تستعمل فى صنع كثير من اللدائن، وهى تقاوم التآكل بواسطة الأحبار، ولهذا تصنع منها أقلام الحبر. كذلك تصنع منها بعض آلات التليفون وشنابر النظارات، والنظارات الواقية للعيون وغيرها.

أما إثيرات السليولوز فهى تستعمل كمواد مغلظة فى صناعة النسيج وفى صناعة الورق، كما تستعمل كعوامل استحلاب وتدخل فى مستحضرات التجميل. وتتميز لدائن إثيرات السليولوز بأنها مرنة ومتينة، ولهذا تستخدم فى عزل أسلاك الكهرباء، وتصنع منها بعض المواد اللاصقة، ويمكن إضافتها إلى بعض أنواع اللدائن الأخرى، كما تتميز بأنها تختلط جيدا مع بعض الراتينجات الأخرى وبعض الشموع والزيوت، وتقبل أنواعا متعددة من الملدنات، وهى لا تتأثر بالقواعد أو بالأحماض المخففة.

خيوط السليولوز

يتمتع الحرير دون سائر ألياف النسيج بمنزلة عالية عند أغلب الناس، وقد ظل استعمال الملابس الحريرية مقصورا على الأثرياء مدة طويلة من الزمان، حتى أمكن إنتاج ما عرف باسم الحرير الصناعى من السليولوز.

حرير النتروسليولوز

فى عام ١٨٤١ عرف أن السليولوز يتفاعل مع حمض النتريك ليعطى مادة مفرقعة عرفت باسم قطن البارود. ثم عرف فيما بعد أن هذا التفاعل يعطى كذلك مواد أخرى سهلة الذوبان فى الكحول والإثير.

وقد استفاد من هذه التجارب رجل يدعى «الكونت دى شاردونيه» «Conte H. de Chardonnet» وكان أول من ابتكر طريقة لصنع خيوط أو ألياف صناعية من السليولوز.

وقد استخدم «شاردونيه» فى تجاربه محلول النتروسليولوز فى خليط من الكحول والإثير، وهو ما يعرف باسم «الكلوديون»، وقام بإمرار هذا المحلول خلال ثقوب دقيقة فتحولت المادة الخارجة من الثقوب إلى خيوط رفيعة فور تبخر المذيب. وقد سجل «شاردونيه» هذه الطريقة مع آخر فى إنجلترا عام ١٨٨٥.

وقد استخدمت هذه الخيوط فيما بعد فى صنع أقمشة ذات سطح لامع يشبه الحرير، وعرفت فيما بعد باسم الحرير الصناعى، وعرضت بعض الملابس المصنوعة من هذه الألياف الجديدة فى معرض فى باريس عام ١٨٨٩، وأثارت إعجاب الجميع، وخاصة السيدات، وتهافت الناس على شرائها فترة ما، ثم توقف استعمالها بعد ذلك بسبب قابليتها للاشتعال.

حرير الكوبرامنيوم

فى عام ١٨٩٠ ابتكرت طريقة أخرى لصنع خيوط من السليولوز، وذلك بإذابة السليولوز فى محلول من كبريتات النحاس والنشادر، وهو محلول عرف باسم محلول الكوبرانيوم.

وعند دفع هذا المحلول المحتوى على السليولوز خلال مغزل دقيق الثقوب إلى حمام من حمض الكبريتيك تكونت خيوط لامعة عرفت باسم حرير الكوبرامنيوم، وكان من المعتقد أنه أفضل من حرير النتروسليولوز، وبخاصة أنه لم

تكن هناك حاجة إلى نيترة السليولوز بخليط الأحماض، وهى عملية مكلفة ومتعددة الخطوات.

وقد تبين فيما بعد أن خيوط حرير الكوبرامنيوم لم تكن لها مرونة كافية ويصعب نسجها، ولهذا تم الاستغناء عنها.

الفسكوز Viscose

فى عام ١٨٩٢ اكتشف كل من «كروس و بيفان» «Cross and Bevan» فى إنجلترا، أن السليولوز يذوب فى ثانى كبريتيد الكربون وفى وجود هدروكسيد الصوديوم مكونا ما يعرف باسم «زانثات السليولوز»، وأنه يترسب مرة أخرى عند معاملته بالحمض.

وقد استخدم محلول الزانثات فى إنتاج خيوط رفيعة، وذلك بدفعه خلال مغزل دقيق الثقوب، واستقبال الخيوط فى حمام من حمض الكبريتيك فتتجمد فى الحال معطية خيوطا لامعة عرفت باسم حرير الفسكوز

$$R-OH + S=C=S + NaOH \longrightarrow R-O-\overset{\overset{S}{\|}}{C}-SNa$$

سليولوز   ثانى كبريتيد الكربون   زانثات السليولوز

$$\xrightarrow{H_2SO_4} R-OH + CS_2 + NaHSO_4$$

خيوط الفسكوز

وتستخدم هذه الطريقة حاليا فى إنتاج الحرير الصناعى، وهى تتم بنقع شرائح أو ألواح السليولوز فى محلول هدروكسيد الصوديوم لمدة طويلة قد تزيد على أربع ساعات، ثم تصفى الشرائح من السائل القلوى. والهدف من هذه العملية هو التقليل من الوزن الجزيئى للسليولوز إلى حد ما.

وتعامل الشرائح الناتجة من هذه الخطوة بعد ذلك بثانى كبريتيد الكربون فى أحواض خاصة لتكوين زانثات السليولوز التى تبدو على هيئة محلول برتقالى اللون

كريه الرائحة. وتتخذ فى هذه العملية عدة احتياطات لأن ثانى كبريتيد الكربون سائل سريع التطاير وسريع الاشتعال وأبخرته سامة التأثير.

ويدفع محلول زانثات السليولوز بعد ذلك خلال مغازل دقيقة الثقوب، وتمرر الشعيرات الناتجة فى محلول حمض الكبريتيك، فتتحول إلى خيوط تخضع بعد ذلك لعمليات غسيل وتبييض وسحب، إلى غير ذلك من العمليات اللازمة لتحضير الخيوط للنسيج.

وتتكون فى هذه الطريقة خيوط من السليولوز فقط، وهى تؤدى إلى اختزال متوسط حجم جزيئات السليولوز وتقصيرها.

وبالرغم من أن حرير الفسكوز الناتج بهذه الطريقة حرير ناعم الملمس ولامع السطح، إلا أنه لا يبعث على الدفء، ولذلك لم يكن يصلح لصناعة الملابس العادية التى يلبسها الناس كل يوم.

الرايون Rayon

تم التغلب على العيب سابق الذكر لخيوط الفسكوز، باستخدام طريقة جديدة اكتشفها رجل فرنسى يدعى «جودارد» ١٩١٣.

وتتلخص هذه الطريقة فى قص خيوط الفسكوز الطويلة، إلى أطوال قصيرة عرفت باسم «Staple Fibres»، ثم تجمع هذه الأطوال القصيرة ويعاد غزلها بنفس الطريقة المتبعة فى غزل القطن والصوف.

وقد أدت هذه الطريقة إلى إنتاج خيوط أكثر متانة وأكثر سمكا، وعرفت هذه الخيوط والنسيج الناتج منها باسم الرايون، وهو الحرير الصناعى الذى نعرفه ونستخدمه اليوم.

وقد بدأ إنتاج الرايون عام ١٩٣٤، وصنعت منه كثير من المنسوجات واستخدم فى صنع المفروشات وفى صناعة الإطارات على هيئة «التيلة» التى تتوسط طبقات المطاط.

وقد استخدم الفسكوز على هيئة محلول فى بعض المذيبات الخاصة، واستعمل فى صنع أنواع من الطلاء بعد إضافة مادة ملونة، كما استعمل أحيانا على هيئة خليط مع بعض إثيرات السليولوز فى عمليات الطلاء.

كذلك استخدم الفسكوز فى صنع أغشية رقيقة شفافة عرفت باسم السيلوفان «Cellophane» وذلك بدفع محلول الزانثات خلال فتحة ضيقة بدلا من خلال مغزل. واستعمل السيلوفان فى صنع الأفلام وفى تغليف الأغذية وغيرها من المنتجات باعتباره مانعا للرطوبة.

حرير الأسيتات

حضر حرير الأسيتات أول مرة عام ١٩١٨ بواسطة الأخوين «درايفوس». ويصنع حرير الأسيتات من «أسيتات الأسيتون» وذلك بعد إذابتها فى الأسيتون، ثم دفع المحلول الناتج من خلال مغزل دقيق الثقوب وتعرض الشعيرات الناتجة إلى تيار دافئ من الهواء لتبخير المذيب الذى يجمع ويعاد استخدامه.

ويمكن استخدام الأسيتات الثلاثية بعد تحليلها جزئيا بواسطة حمض الكبريتيك، ثم إذابتها بعد ذلك فى الأسيتون. كذلك استخدمت الأسيتات الثلاثية كما هى بعد إذابتها فى مذيب مناسب مثل كلوريد المثيلين، ثم تنتج منها خيوط رفيعة بنفس الأسلوب السابق.

ويتميز حرير الأسيتات بنعومة الحرير الطبيعى وبسطحه اللامع، وبقابليته الضئيلة لامتصاص الماء، وكذلك بعدم تقبله للأصباغ، وهذه الأخيرة تعد إحدى ميزاته الهامة. ومع ذلك فهو سريع التأثر بالمحاليل القلوية، ويذوب إلى حد ما فى المذيبات العضوية المستخدمة فى عمليات التنظيف الجاف.

ثانيا: لدائن الكيزين Casein Plastics

يوجد الكيزين فى اللبن على هيئة معلق غروانى متحدا مع الكالسيوم، والكيزين عبارة عن بروتين يتكون جزيؤه من عديد من وحدات الأحماض الأمينية، وهو يتكون من ستة عناصر هى الكربون والهدروجين والأكسجين والنتروجين، والكبريت والفسفور.

وتنتمى لدائن الكيزين إلى مجموعة اللدائن التى من أصل طبيعى، ويفصل الكيزين من اللبن بواسطة بعض المواد التى تساعد على تخثره مثل المنفحة أو بعض الأحماض، مثل حمض الهدروكلوريك، ويتم ذلك عادة عند درجة حرارة ٦٥° مئوية، ثم يفصل الكيزين عن شرش اللبن ويغسل بالماء الدافئ ويجفف بالهواء الساخن.

وقد بدأت صناعة لدائن الكيزين عام ١٩٠٠ فى كل من فرنسا وألمانيا

ويتم تصنيع لدائن الكيزين على عدة خطوات أهمها:

١ ـ طحن الكيزين وغربلته

٢ ـ خلطه مع الأصباغ والمواد المالئة

٣ ـ تشكيل الخليط الناتج بالضغط أو الحقن

٤ ـ المعاملة بالفورمالين

٥ ـ التجفيف والتلميع

وتبدأ عملية التصنيع بوضع الكيزين فى عجان خاص يشبه العجان المستعمل فى عجن الخبز، وتضاف إليه المادة المالئة، ويدار القلاب نحو ٢٠ دقيقة لإتمام خلط الكيزين بالمادة المالئة. وعادة ما يضاف الصبغ المطلوب مع الماء، الذى يضاف إلى الخليط السابق على دفعات، ثم يدار القلاب مدة من الزمن لإتمام تجانس الحبيبات الناتجة، وتتراوح كمية الماء المضافة بين ١٢ ـ ٢٠ لترا لكل ٦٠ كيلوجراما من الكيزين.

والخليط الناتج فى نهاية هذه العملية عبارة عن حبيبات رطبة يتماسك بعضها مع بعض عند ضغطها باليد، ولا تكون على هيئة عجينة.

ويمكن تشكيل هذا الخليط بالضغط على الساخن أو بالحقن، ويمكن ضغطه على هيئة قضبان سمكها نحو ٥ ملّيمترات، وقطع هذه القضبان بعد ذلك إلى خرز لا يزيد طوله كذلك على ٥ ملّيمترات، ويمكن ضغط هذا الخرز مع الخليط الناتج مرة أخرى، وتستعمل هذه الطريقة لإنتاج مواد متعددة الألوان.

أما المادة المراد صنع شرائح منها، فتضغط أولا على هيئة شريط عرضه نحو ثلاثة سنتيمترات، وسمكه نحو ١,٥ من السنتيمترات، ثم يقطع هذا الشريط إلى أطوال تتراوح بين ١٥ ـ ٢٠ سنتيمترا، وتجمع معا ليعاد ضغطها على هيئة شرائح.

وحتى هذه المرحلة لا يزال الكيزين لدنا حراريا ويمكن إعادة تشكيله بالضغط والحرارة، ولكنه يتحول إلى مادة صلبة لا تقبل الانصهار عند معاملته بالفورمالدهيد.

ويتم ذلك عادة بتعريض الكيزين إلى فورمالين لا يزيد تركيزه على ٥٪، عند درجة حرارة نحو ٢٥ْم، وتحتاج هذه العملية إلى وقت طويل قد يصل إلى أيام أو إلى شهور تبعا لسمك شرائح الكيزين المستخدمة.

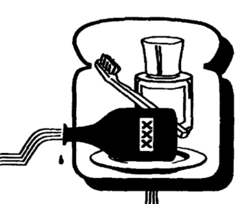
وبعد انتهاء عملية التصلب، تنقل الشرائح إلى فرن تجفيف خاص لخفض درجة حرارة رطوبتها إلى نحو ١٠٪ وذلك بإمرار تيار من الهواء الساخن عليها لا تزيد درجة حرارته على ٣٥ْم.

وفى كثير من الأحيان تنكمش هذه الشرائح أو تنبعج ويتغير شكلها بعد هذه الخطوة، ويعاد تصحيح شكلها بالضغط عند درجة حرارة ٨٠ مئوية بضغط مقداره نحو ٢٥٠ رطل على البوصة المربعة. كذلك يمكن تعديل استقامة القضبان بتليينها بالماء الساخن ثم وضعها فى قالب من الخشب وتركها لتبرد. ويمكن تلميع الشرائح لإعطاء سطوحها لمعة خاصة.

وقد استخدمت لدائن الكيزين فى صنع بعض الزراير وإبر التريكو وبعض لعب الأطفال وغيرها.

الفصل الثالث

اللدائن المخلقة



أولا ـ لدائن وبوليمرات مخلقة بطريق البلمرة

البولى إيثيلين ـ البولى بروبلين ـ بوليمرات الفاينيل

بولى كلوريد الفاينيل ـ بولى كلوريد الفاينيليدين ـ بولى أسيتات الفاينيل ـ بوليمرات الأسيتال

البولى ستايرين

بوليمر ستايرين أكريلونتريل SAN

بوليمر أكريلونتريل ستايرين بيوتادايين ABS

البوليمرات الفلورية (التفلون)

بولى فلوريد الفاينيل.

بولى فلوريد الفاينايليدين

بولى ترافلورو إيثيليم (التفلون).

بولى ميثيل ميتاكريلات

بولى أكريلونتريل

خيوط البولى أكريلونتريل

ألياف الكربون من خيوط بولى أكريلونتريل

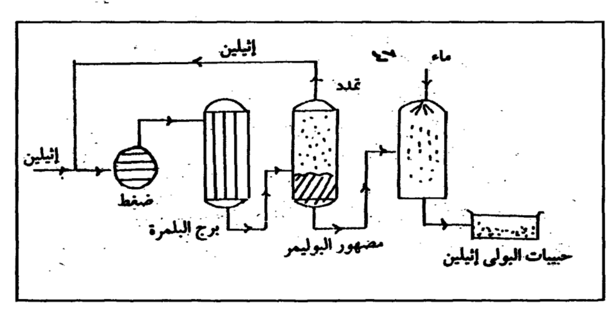


البولى إثيلين Polyethylene

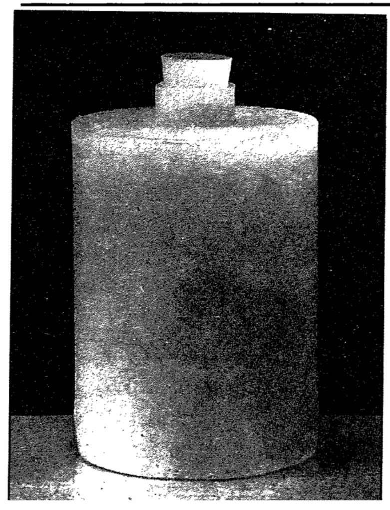
يتكون بوليمر البولى إثيلين ببلمرة غاز الإثيلين الذى يحصل عليه من عمليات التكسير الحرارى للبترول، وذلك بتعريض الغاز إلى ضغط مرتفع يصل إلى نحو ٢٠٠٠ جو فى وجود عامل مؤكسد مثل أكسجين الهواء أو أحد فوق الأكاسيد.

وتحدث البلمرة عند نحو ٢٠٠°م، ويكون البوليمر فى هذه الحالة على هيئة سلسلة طويلة تتابع فيها ذرات الكربون، ويصل وزن البوليمر الجزيئى فى بعض الحالات إلى ٣٠,٠٠٠.

وتجرى العملية صناعيا بضغط الغاز فى خزان خاص ثم يدفع إلى برج البلمرة أو التفاعل، ويرش البادئ الذى قد يكون فوق بنزوات البيوتيل وهو ذائب فى زيت البرافين فى وسط برج البلمرة. ويدفع الخليط بعد ذلك إلى برج أو وعاء يتمدد فيه الغاز، وبذلك يفصل غاز الإثيلين الذى لم يتبلمر ويعاد مرة أخرى إلى خزان الضغط حيث إن نسبة تحول الغاز إلى بوليمر لا تزيد على ٢٠٪ فى كل دفعة.



تحضير البولى إثيلين



زجاجة مصنوعة من البولى إثيلين

أما مصهور البوليمر فيدفع إلى برج خاص ليقابل رذاذا من الماء المقطر البارد فيتحول البوليمر إلى حبيبات صغيرة الحجم.

ويمكن بلمرة الإثيلين تحت ضغط منخفض نسبيا، وهذه الطريقة تعطى بوليمر عالى الكثافة، ولا يزيد الضغط فى بعض الحالات على ١٠ جو، والبادئ المستعمل فيها عبارة عن رابع كلوريد التيتانيوم وألكيل ألومنيوم، وعادة ما تتم هذه البلمرة فى محلول، ويتكون البوليمر على هيئة معلق يفصل بواسطة الطرد المركزى. والبوليمر الناتج فى هذه الحالة يكون أكثر صلابة وأقل مرونة.

والبولى إثيلين من البوليمرات اللدنة حراريا، ويوجد على هيئة مادة جامدة شبه شفافة تتصف ببعض المرونة، ولكنها لا تشبه مرونة المطاط.

وأهم صفات البولى إثيلين مقاومته العالية لفعل المواد الكيماوية وكثير من العوامل الأخرى، كما أنه يتصف بخواصه العازلة الجيدة. والبوليمر له ملمس

الشمع عند درجات الحرارة العادية، ولكنه يلين ويتحول إلى سائل لزج عند درجات حرارة تزيد قليلا على درجة غليان الماء، ولذلك فإن تشكيله يحتاج إلى أسلوب خاص.

ويمكن تشكيل البولى إثيلين بالصب فى قوالب أو بالحقن والبثق «Extrusion»، ويمكن صبه على هيئة قضبان أو أنابيب أو شرائح أو خيوط، وعند استعماله فى صنع الأغشية يجب مطها لزيادة مرونتها.

ويستخدم البولى إثيلين فى صنع أحواض الثلج فى الثلاجات، وفى صنع بعض الأطباق والأكواب وبعض اللعب، كما صنعت منه بعض الحقائب والمعاطف الواقية من المطر، وبعض زجاجات المعامل وإرضاع الأطفال، وصناديق القمامة وعبوات الأحماض، وبعض الأجولة المستخدمة فى نقل المحاصيل الزراعية، وغيرها.

وقد أمكن حديثا إنتاج ألياف من البولى إثيلين أشد قوة من أسلاك الفولاذ المشابهة لها فى السمك، وذلك بتغيير البنية الدقيقة للبوليمر.

البولى بروبيلين Polypropylene

بدأ تصنيع البولى بروبيلين من غاز البروبيلين عام ١٩٥٦ بطريقة مشابهة لطريقة تحضير البولى إثيلين، إلا أن وسط التفاعل فى هذه الحالة عبارة عن الهكسان $[C_6H_{14}]$، والبادئ هو ثلاثى كلوريد التيتانيوم.

وبوليمر البولى بروبيلين الناتج بوليمر منتظم التفرع «Isotactic»، أى أن جميع مجموعات الميثل تقع فى ناحية واحدة بالنسبة لسلسلة البوليمر

$$\underset{\text{بروبيلين}}{\underset{\displaystyle CH_3}{CH_2 = \overset{|}{CH}}} \longrightarrow \underset{\text{بولى بروبيلين منتظم التفرع}}{\left[- CH_2 - \underset{CH_3}{\overset{}{CH}} - CH_2 - \underset{CH_3}{CH} - CH_2 - \underset{CH_3}{CH} - \right]}$$

والبوليمر شفاف إلى حد ما، وهو لدن حراريا وأخف من الماء، وهو يتفكك عند درجات الحرارة العالية كما أنه يصبح أقل مرونة عند درجات الحرارة المنخفضة ويتأثر إلى حد ما بالأشعة فوق البنفسجية.

وتصنع خيوط البولى بروبيلين من مصهور البوليمر عند درجة حرارة ٣٠٠°م، ويدفع المصهور إلى مغازل ذات ثقوب دقيقة، وتخرج منها الخيوط لتقابل تيارا من الهواء درجة حرارته ٢٠°م، وتسحب هذه الخيوط بسرعة أكبر من سرعة خروجها من المغازل. وبعد أن تترك الخيوط جانبا لمدة يوم كامل يتم مطها عند درجة حرارة مناسبة (نحو ١٠٠°م) إلى عدة أمثال طولها الأصلى لزيادة متانتها.

ودرجة ليونة خيوط البولى بروبيلين نحو ١٥٠°م، وهى تنصهر عند ١٧٠°م ولكن البوليمر يتفكك عند تسخينه إلى أكثر من ١٣٠°م، ولكن الخيوط تحتفظ بمرونتها حتى ٥٠°م تحت الصفر.

ويستعمل بوليمر البولى بروبيلين فى صنع بعض الأدوات المنزلية، وبعض قطع السيارات ولعب الأطفال وحقائب السفر، كما يستعمل فى التغليف.

أما خيوط البولى بروبيلين فتستعمل فى صناعة السجاد وفى صنع المصافى وشباك الصيد وبعض أنواع الحبال، وهى خيوط فائقة المتانة ولهذا تستعمل فى صنع الأكياس التى تعبأ بها بعض الخامات والمخصبات الزراعية وغيرها. كذلك استخدمت لدائن البولى بروبيلين فى صنع أغلفة البطاريات السائلة وبعض أجزاء آلات النسيج، وفى تكسية الكابلات، وفى صنع بعض أدوات المعامل التى تتحمل الصدمات ودرجات الحرارة حتى ١٤٠°م.

بوليمرات مشتركة من الإثيلين والبروبيلين

الهدف من تحضير هذه البوليمرات المشتركة هو تحسين خواص كل منهما إذا وجد وحده. وقد أنتج بوليمر البولى إثيلين - بروبيلين فى الولايات المتحدة فى الخمسينيات، وصنع منه مطاط الإثيلين - بروبيلين، وهذا المطاط لاتوجد بجزيئاته روابط ثنائية، ولذلك لا يمكن فلكنته بواسطة الكبريت كما فى أنواع المطاط الأخرى، إنما يمكن فلكنته بواسطة بعض فوق الأكاسيد.

وعندما يراد فلكنة هذا المطاط بالكبريت، تضاف إليه بعض المواد غير المشبعة مثل البنتادايين حتى يمكن للكبريت أن يتفاعل معها عند إجراء عملية الفلكنة.

ويلاحظ أن بوليمـر البولى بروبيلين غير منتظـم التفرع «Atactic» أى التى تكون فيـه مجمـوعات المثيل على جـانبى السلسلة دون انتظام، تكون فيـه القوى الثانوية، أى قوى «فان دروفال» ضعيفة نسبيا، ولهذا يكون هذا البوليمر قليل المتانة ويقارب العجينة عند درجات الحرارة المتوسطة وبالتالى فليست له قيمة تجارية.

بوليمرات الفاينيل Vinyl Polymers

تتكون بوليمـرات الفاينيل من بلمـرة كلوريد الفاينيل وحـده، أو من بلمرة أسيتات الفاينيل وحدها، أو من البلمرة المشتركة لكل منهما معا.

وتعتمد خواص البوليمـر الناتج على درجة التبلمر فى كل حالة، وعلى نوع المادة (المونومـر) الداخل فى التـفاعل، وهذا يسـمح بإنتـاج أنواع من بوليمـرات الفاينيل تختلف فى خواصها الطبيعية، ويعطى الفرصة لتكوين بوليمرات مرنة مثل المطاط، أو جامدة فى صلابة الخشب.

كلوريد البولى الفاينيل [بولى كلوريد الفاينيل]

يتكون كلوريد البولى فاينيل ببلمرة كلوريد الفاينيل بالحرارة فى وجود عامل مساعد.

ويحضر كلوريد الفاينيل بإضافة غاز كلوريد الهدروجين إلى غاز الأستيلين.

$$CH \equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2 = CHCl$$

أسيتلين   كلوريد الفاينيل

وتتم بلمرة كلوريد الفاينيل عادة فى الماء بعد أن يضـاف إليه البادئ للتفاعل ومادة استـحلاب تساعد على انتشار المـونومر فى الماء، وهى على الأغلب إحدى سلفونات الكحولات. وعـادة ما تضاف إلى وسط التفاعل مواد منظمـة للاحتفاظ بتركيز أيون الهدروجين ثابتا فى حدود مقبولة.

وتعـرف هذه الطريقة باسم البلمـرة الاستـحلابيـة، وهى تتم عادة بطريـقة مستـمرة فى أوتوكلاف على هيئة أسطـوانة رأسية، ومزود بقلاب للمـساعدة على انتشار المونومر. ويمكن التحكم فى طول سلسلة البوليمر بالتحكم فى كمية البادئ وفى درجة الحرارة التى يجرى عندها التفاعل.



رقائق شفافة وغير شفافة. وبعض الأنابيب المصنوعة من بولى كلوريد الفاينيل. ونسيج من القطن المغطى بطبقة منه. وهى تتصف بمقاومتها للقطع والأكسدة والعوامل الجوية. كما تتميز بمقاومتها للمواد الأكالة وعدم امتصاصها للماء.

ويتكون البوليمـر فى نهاية التفاعل على هيـئة يتوع (لاتكس Latex) منتشر فى الماء، ويفـصل منه عادة بطريقـة التـخثـر كمـا فى فصل الكيـزين من اللبن. وتساعد هذه الطريقـة على فصل البوليمر عن الشوائب الأخـرى مثل البادئ ومثل المواد المنظمة.

كذلك يمكن إجـراء البلمرة فى معلق، ويجب فى هذه الحالة إضـافة بعض المواد التى تسـاعد على تشـتيت المونومـر فى الماء مثل الجـيلاتين أو كحـول بولى الفاينيل، وفى هذه الطريقـة يتكون البوليمـر على شكل معلق فى الماء ويمكن أن يفصل بواسطة الطرد المركزى.

ويمكن أيضا إجراء البلمرة فى غياب الماء، وهى الطريقة التى تعرف باسم البلمرة الكتلية، ولا يضاف منها إلى المونومر إلا البادئ فقط، وهو عادة يضاف على دفعتين، ففى الخطوة الأولى تتم بلمرة كلوريد الفاينيل بنسبة لا تزيد على ٢٠٪، وبعد ذلك ينقل الخليط إلى مفاعل آخر لإتمام عملية البلمرة التى قد تصل إلى نحو ٨٥٪، ويبرد إناء التفاعل من الخارج تبريدا جيدا لامتصاص حرارة التفاعل.

وتوفر هذه العملية الأخيرة الوقت اللازم لفصل البوليمر من الماء فى العمليات السابقة، فالبوليمر يتكون على هيئة كتل صغيرة أو حبيبات يمكن طحنها مباشرة إلى مسحوق دون الحاجة إلى تجفيفها.

وبوليمر كلوريد البولى فاينيل أبيض اللون وتزيد كثافته على كثافة الماء، وهى تساوى ١,٤، ويوجد عادة على هيئة حبيبات صغيرة أو قضبان لا يتجاوز طولها عدة مليمترات، وهو لا يذوب فى المذيبات العضوية مثل الكحول أو الأسيتون، ويتصف بأنه صامد للماء ولا يقبل الاشتعال.

ويعرف هذا البوليمر باسم PVC وهى الأحرف الأولى من اسمه باللغة الأجنبية «Polyvinyl Chloride».

ويصعب صب البوليمر فى قوالب لارتفاع درجة الحرارة التى يلين عندها ولكن يمكن تشكيله بعد إضافة مادة ملدنة إليه، فيصبح فى هذه الحالة قابلا للصب والضغط والحقن.

ونظرا لمقاومة PVC لفعل المواد الكيميائية فقد استعمل فى صنع أنواع مختلفة من الأنابيب التى تستخدم فى نقل الكيميائيات، كما استخدم فى تبطين بعض أجهزة التفاعل فى المصانع الكيميائية بطبقة رقيقة تمنع حدوث تآكل للسطح الداخلى لهذه الأجهزة.

كذلك أدت خواصه الكهربائية الجيدة إلى استخدامه فى عمليات العزل وفى تغليف الأسلاك الكهربائية، كما صنعت منه ألواح صامدة للماء تستعمل فى مختلف الأغراض.

بولى كلوريد الفاينيليدين

وقد استـخدم أحد كلوريدات الفاينيل الذى يحـتوى جزيؤه على ذرتى كلور ويعرف باسم «كلوريد الفاينيليدين» «Vinylidene Chloride» [$CH_2 = CCl_2$] فى صنع بوليمر مماثل، ولكنه يتصف بمتانته العـالية، وصنعت منه خيوط شديدة المتانة استـخدمت فـى حياكـة الجلد وبعض المفـروشات، كـما صنعت منه بعض نـعال الأحذية والفرش الداخلى للسيارات وعرف باسم «ساران» «Saran».

أسيتات البولى فاينيل. [بولى أسيتات الفاينيل]

يعد الكيميائى الألمانى «كلاته» «Klatte» أول من حضر أسيتات الفاينيل عام ١٩١٢، ثم قام ببلمرتها بعد ذلك عام ١٩١٧.

وتحضير أسيتات الفاينـيل بإمرار غاز الأسيتلين فى حمض الخليك فى وجود عامل مـساعد مـثل أسيتـات الزئبق مع الاحتـفاظ بحرارة التـفاعل أقل من ٣٠°م بواسطة التبريد.

$$CH \equiv CH + CH_3COOH \xrightarrow[\text{الزئبق}]{\text{أسيتات}} CH_2 = CHO.COCH_3$$

أسيتات الفاينيل

وتتبلمر أسيتات الفاينيل إما بواسطة البلمرة الكتلية فى غياب الماء عند درجة حرارة ٨٠°م وفى وجود بادئ للتفاعل مثل فـوق أكسيد البنزويل، وإما بطرق بلمرة المعلق فى وجـود الماد عند ٧٠°م، وفى هذه الحالة يفـصل بوليمر أسـيتـات البولى فاينيل بالطرد المركزى.

كذلك يمكن إجراء البلمرة عن طريق الاسـتحلاب فى وجود الماء وقليل من فوق أكسيـد الهدروجين البادئ للتفـاعل، مع إضافة كحول البولى فـاينيل كعامل استحلاب وقليل من حمض الفورميك لضبط تركيز أيون الهدروجين فى المحلول. وتبدأ بلمرة المونومر عند ٧٠°م ويحتاج التـفاعل إلى عدة ساعات لإتمامه، وتفصل أسيتات الفاينيل غير المتفاعلة تحت ضغط مخلخل.

وتتحول أسيتات الفاينيل فى هذه العمليات إلى بوليمر جامد شفاف لاتزيد كثافته على ١,٢ ، وقد يصل وزنه الجزيئى إلى نحو ٢٠٠,٠٠٠ ، ويمكن التحكم فى طول سلسلة البوليمر وإيقاف البلمرة عند حد معين بواسطة أملاح النحاس.

وبوليمر أسيتات البولى فاينيل لدن حراريا وهو ثابت تجاه الضوء والأشعة فوق البنفسجية، وهو جامد عند درجات الحرارة العادية ولكنه يلين عند ارتفاع درجة الحرارة ويصفر لونه ثم يتفكك عند ٢٠٠ْم. كذلك يصبح البوليمر هشا عند درجات الحرارة المنخفضة. وقد حددت هذه الصفات استعمال أسيتات البولى فاينيل فى صنع كثير من الأشياء.

ونظرا لذوبان البوليمر فى كثير من المذيبات العضوية فقد استعمل فى صنع بعض أنواع الطلاء الشفاف، كما استعمل فى صنع المواد اللاصقة وفى صناعة الورق، وعادة ما تضاف إليه مواد ملدنة مثل فثالات البيوتيل عند استخدامه فى طلاء المعادن أو الخشب.

البلمرة المشتركة بوليمرات الأسيتال

أفضل بوليمرات الفاينيل هو البوليمر الناتج من البلمرة المشتركة لكل من كلوريد الفاينيل وأسيتات الفاينيل، ويتكون منهما معا بوليمر تتكرر فيه وحداتهما، وتتغير صفات هذا البوليمر وخواصه بتغير النسب الداخلة من كل منهما فى هذا البوليمر.

وتحضر كذلك بوليمرات أخرى من بوليمرات الفاينيل تعرف باسم «بوليمرات الأسيتال» «Acetal»، وهى تحضر بالتحلل المائى لبوليمر أسيتات البولى فاينيل، فتتحول مجموعات الأسيتات الموجودة بسلسلة البوليمر إلى مجموعات هدروكسيل ويتكون بذلك بوليمر جديد يعرف باسم كحول البولى فاينيل، وهو بوليمر له خواص اللدائن ولكن ما يعيبه هو قابليته للذوبان فى الماء.

$$\left[-CH_2-\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}- \right]_n \xrightarrow{HOH} \left[-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}- \right]_n$$

أسيتات البولى فاينيل — كحول البولى فاينيل

ويمكن التغلب على ذلك بإجراء تحلل جزيئى لبوليمر أسيتات الفاينيل بحيث لا تتحول كل ما بها من مجموعات الأسيتات إلى مجموعات هدروكسيل، ثم يكثف البوليمر الناتج مع بعض الألدهيدات، مثل الأسيتالدهيد، لتكوين بوليمر جديد يعرف ببوليمر الأسيتال، يتفاعل فيه الألدهيد مع مجموعة الهدروكسيل وبذلك يحتوى هذا البوليمر على كل من مجموعات الأسيتات والأسيتال.

والبوليمر الناتج من التفاعل مع الأسيتالدهيد يصلح للاستخدام فى صنع أفلام التصوير وتصنع منه كذلك أنابيب وقضبان وألواح.

وعند استعمال الجلايوكزال ينتج بوليمر أسيتال يصلح لتغطية الورق والنسيج وتصنع منه أغشية لتغطية سطوح الفلزات، كما يستعمل فى صنع الأحبار الخاصة بالكتابة على الزجاج وعلى اللدائن.

أما البيوتيرالدهيد فيعطى بوليمر أسيتال شديد المتانة وقابلا للمط، ويصلح للاستخدام كطبقة وسطى فى صنع زجاج التربلكس، كما يستخدم فى صناعة النسيج وفى صنع المواد الصامدة للماء.

وتستخدم لدائن الفاينيل بصفة عامة فى صنع كثير من الأدوات، فيستخدم بعضها فى صنع مشمعات خاصة لتغطية الأرضيات، تلون بمختلف الألوان وتتحمل الصدمات والبرى، وقد يستخدم بعضها فى تبطين بعض الأجهزة أو فى صنع أنواع من الجلد الصناعى يشبه الشمواه، وفى صنع حقائب اليد وبعض معاطف المطر، وستائر الحمامات وخراطيم الحريق وبعض نعال الأحذية.

وتتميز لدائن الفاينيل بأنها يمكن لحامها ولصقها مع غيرها. ولا يستحسن استعمال لدائن الفاينيل فى حفظ الأطعمة أو المشروبات أو فى تعبئة العصائر أو فى تغليف بعض أنواع الأغذية، وذلك لأنه ثبت أن كلوريد الفاينيل وهو المونومر الداخل فى تركب هذه اللدائن، له علاقة من نوع ما بمرض سرطان الكبد، وعادة ما تحتوى لدائن الفاينيل على قدر صغير من هذا المونومر، ولهذا منع استخدامها فى كل ما يتعلق بغذاء وشراب الإنسان.

البولى ستايرين Polystyrene

البولى ستايرين بوليمر هدروكربونى تتكون جزيئاته من ذرات الكربون والهدروجين فقط ولا يحتوى على ذرات هالوجين كما فى حالة كلوريد البولى فاينيل، أو على ذرات أكسجين كما فى حالة أسيتات البولى فاينيل.

ويحضر مركب الستايرين بتفاعل البنزين مع الإثيلين الناتج من عمليات تكسير مقطرات البترول، وهو سريعا ما يتبلمر بالحرارة إلى البولى ستايرين، فى وجود عامل حافز أو فى غيابه. وتتكرر وحدات الستايرين فى سلسلة البوليمر آلاف المرات، وقد يصل وزن البوليمر الجزيئى إلى مليون أو أكثر.

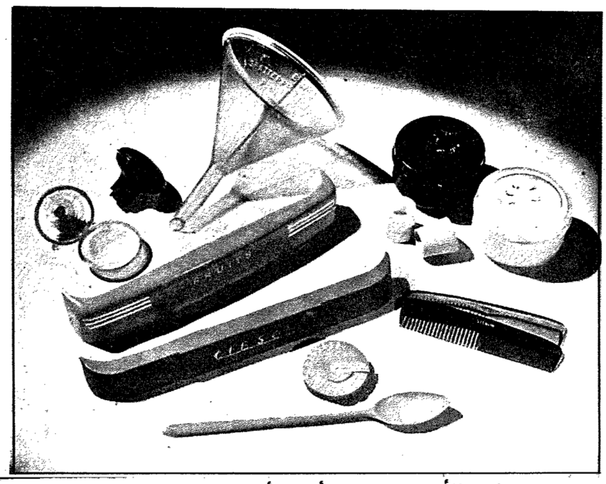
ويمكن تحضير البوليمر بالطريقة الكتلية، وتتم عملية البلمرة على مرحلتين عند ٩٠°م، ثم ترفع درجة الحرارة إلى ٢٠٠°م، ولكن يجب إجراؤها فى جو من غاز النتروجين حتى لا يتغير لون البوليمر الناتج. وعند انتهاء عملية البلمرة، ينقل البوليمر إلى جهاز لفصل الغازات تصل درجة حرارته إلى نحو ٢٣٠°م لفصل ما تبقى من المونومر الذى يعاد استخدامه فى تفاعل جديد. أما البولى ستايرين فيدفع إلى جهاز البثق ثم يحبب.

ويمكن إجراء البلمرة فى معلق من الستايرين فى الماء، ويضاف إلى هذا المعلق مواد تساعد على انتشار المونومر مثل الجيلاتين أو كحول البولى فاينيل، ثم يضاف بعد ذلك العامل المساعد مثل فوق أكسيد الهدروجين أو فوق كبريتات البوتاسيوم. وتتم البلمرة فى هذه الحالة عند ٩٠°م، ولكنها تحتاج إلى وقت طويل، ولهذا فهى لا تصلح لكى تكون عملية مستمرة، ولكنها تتم على دفعات. ومن عيوب هذه الطريقة الوقت الطويل اللازم لإتمامها، وكذلك عدم تجانس البوليمر الناتج من الدفعات أو التشغيلات المختلفة مما يستلزم خلطها معا وإجراء عملية تجانس بينها.

كذلك قد تجرى البلمرة بطريقة الاستحلاب، والبادئ فى هذه الحالة فوق كبريتات البوتاسيوم، ولابد من إضافة مواد تساعد على تشتيت المونومر، ويسخن خليط التفاعل بالبخار. ويجفف البوليمر الناتج من هذه العملية بطريقة الترذيذ

حيث يتحول إلى مسحوق دقيق الحبيبات، أو يجفف بملامسة المحلول للسطح الساخن لبعض الدرافيل (أسطوانات دوارة) ويتحول البوليمر بهذه الطريقة إلى قشور جافة. ومن عيوب هذه الطريقة أن البوليمر الناتج بعد تجفيفه يحتوى فى داخله على جميع المواد التى سبق إضافتها إلى خليط التفاعل، أى البادئ وعوامل التشتيت وغيرها، ولذلك يكون قليل الشفافية، وقد استعمل فى صنع بعض الأدوات غير الشفافة مثل البطانة الداخلية للثلاجات وغيرها.

وبوليمر البولى ستايرين الناتج من البلمرة الكتلية عديم اللون وشفاف ويشبه الماء فى كثافته، حيث تبلغ كثافته ١,٠٥، ولهذا يطفو إلى حد ما على سطح الماء. والبولى ستايرين لدن حراريا، وهو يلين عند ٧٠ ـ ٩٠°م تبعا لدرجة التبلمر، ويمكن صبه بالضغط فى قوالب عند درجات حرارة أعلى من ٩٠°م، كما يمكن تشكيله بالحقن لأن خواصه الانسيابية جيدة.



مقابض للأبواب والثلاجات. وأقماع وأمشاط وعلب لمواد التجميل مصنوعة من لدائن البولى ستايرين

وينســاب البوليــمر بحــرية كبــيرة عند درجــات حرارة ١٦٠ ـ ١٨٠ مئــوية ويستطيع بذلك أن يتخذ شكل القالب الذى يصب فيه مـهما كان القالب معقدا أو كثير الفروع.

والبولى ستــايرين لا يتأثر بأكسجــين الهواء، وهو صامد للمــاء ويقاوم فعل المواد الكيميائية، وقدرته على العزل عــالية، وهو يفوق فى ذلك أغلب البوليمرات الأخرى، ومع ذلك فإن الأغشية الرقيقة التى تصنع منه تعتبر منفذة لبخار الماء.

ويستخدم البولى ستايرين فى صنع كثير من الأدوات، فتصنع منه مثلا آلات التليفــون الملونة، كمــا تصنع منه أنابيب وقضبــان وشرائح تســتخدم فى مــختلف الأغراض. ونظرا لأن معــامل انكسار البوليمر مرتفع، فــإن الأدوات المختلفة التى تصنع منه تكون براقة ولها جمالها الخاص.

ويذوب البولى ستايرين فى كثيــر من المذيبات العضوية مثل البنزين، ويمكن استعــمال بعض هذه المحاليل فى صنع أنواع جيدة مــن الطلاء لا تتأثر بالضوء ولا بالعوامل الجوية، كمــا يمكن استخدامها كمواد لاصــقة فى صنع الخشب الرقائقى (الأبلاكاش) ويمكن أن تصنع أفــلام من البولى ستــايرين، وذلك بحقن البوليــمر وهو ساخن خلال فتحــة مناسبة وسحبه بسرعة أكبر من ســرعة الحقن. كذلك قد تصنع منه أفلام رقيقة بإذابته فى خليط من كلوريد الأثيلين والزايلين بنسبة ٩٧ : ٣، وترك هذا المحلول ليتبخر ببطء.

بوليمرات مشتركة من البولى ستايرين مع الأكريلونتريل والبيوتادايين

وهناك أنواع من البوليمرات المشتركة التى يدخل فى تكوينها الستايرين، منها البوليمر المشــترك بين الستايرين والبيوتادايين، وهو أقل مــرونة من البولى ستايرين المعتاد ولكنه يقاوم الصدمات ويقاوم الأكسدة.

ويصنع كذلــك نوع من البولى ستــايرين الرغوى، وهو يحــتوى فى عــملية تصنيعه على هدروكربون منخفض درجة الغليان، ويتحول إلى غاز بالحرارة متمددا

إلى أكثر من ٢٥ مرة قدر حجمه الأصلى، وبذلك يحتوى البوليمر على كثير من الفراغات فى تركيبه مما يجعله خفيف الوزن وذا قدرة على العزل كما يستعمل فى تغليف كثير من الأجهزة والمعدات غالية الثمن.

ومن البوليمرات المشتركة كذلك البوليمر المعروف باسم ABS، وهى الأحرف الأولى من الأكرويلونتريل (A)، والبيوتادايين (B)، والستايرين (S) ويحضر هذا البوليمر المشترك على عدة خطوات، وتتضمن الخطوة الأولى تحضير البوليمر المشترك بين الستايرين والأكريلونتريل فى وجود فوق كبريتات البوتاسيوم مع تبريد خليط التفاعل، ويعرف هذا البوليمر باسم SAN (ستايرين أكريلونتريل)

$$\underset{\text{ستايرين}}{\underset{C_6H_5}{\underset{|}{CH_2 = CH}}} + \underset{\text{أكرويلونتريل}}{\underset{CN}{\underset{|}{CH_2 = CH}}} \longrightarrow \underset{SAN}{\left[- CH_2 - \underset{C_6H_5}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - \underset{CN}{\underset{|}{CH}} - \right]_n}$$

ويحضر كذلك البوليمر المشترك فى الخطوة الثانية من البيوتادايين والأكرويلونتريل فى وجود الماء وعامل استحلاب وفوق كبريتات البوتاسيوم، ويجب تبريد الخليط جيدا لأن التفاعل طارد للحرارة ويسبب زيادة الضغط فى وعاء التفاعل لوجود البيوتادايين.

$$\underset{\text{بيوتادايين}}{CH_2 = CH - CH = CH_2} + \underset{\text{أكريلونتريل}}{\underset{CN}{\underset{|}{CH_2 = CH}}} \longrightarrow \left[CH_2 - CH = CH - CH_2 - \underset{CN}{\underset{|}{CH}} - \right]_n$$

ويخلط بعد ذلك اللاتكس الخاص بالبوليمر SAN مع لاتكس البيوتادايين أكريلونتريل، ويمزجان معا جيدا، وعند إجراء عملية التخثر ينفصل من المزيج ABS، وهو بوليمر الستايرين ـ بيوتادايين ـ أكريلونتريل، ويرشح ثم يغسل ويجفف بالهواء الساخن.

ومن الملاحظ أن هناك أكثر من نوع من ABS، ويمكن الحصول عليها بتغيير نسب البوليمرات المضافة، كذلك يمكن استعمال بوليمر البيوتادايين ـ أكريلونتريل الذى يطلق عليه أحيانا اسم مطاط البيوتادايين وحده، وكذلك استعمال SAN وهو بوليمر الستايرين ـ أكريلونتريل وحده، ويمكن تشكيل SAN ، ABS بالصب والحقن، وتصنع من الأخير مواد مقاومة للخدش. وبعض القطع المستخدمة فى السيارات وأدوات المكاتب وعلب الراديو وبعض الكاميرات وغيرها.

وتتميز لدائن البولى ستايرين بصفة عامة، بأنها شفافة وذات سطح لامع، وتصنع منها بعض علب حفظ الطعام فى الثلاجات وبعض أوعية حفظ العصائر، وقد تستعمل فى تكسية الجدران بدلا من القيشانى، وفى غير ذلك من الأغراض.

ومن الملاحظ أنه فى حالة البوليمرات المشتركة لا تتوزع جزيئات المونومرات بشكل متناسق على طول سلسلة البوليمر، بل هى توجد عادة على هيئة تكتلات متتابعة تتكرر فى كل منها وحدات نفس المونومر ثم تليها تكتلات أخرى من جزيئات أو وحدات البوليمر الآخر.

وفى حالة البوليمر المشترك من الستايرين ـ أكريلونتريل، يمكن تمثيل هذه التكتلات على الوجه التالى باعتبار S تمثل وحدة الستايرين، A تمثيل وحدة الأكريلونتريل.

-S -S - S - S - S - A - A - A - A - A - A - S - S - S -

كذلك فى حالة البوليمر المشترك من الستايرين والبيوتادايين تحدث نفس هذه التكتلات على طول سلسلة البوليمر.

وعندما تكون تكتلات الستايرين هى الغالبة فى سلسلة البوليمر يكون البوليمر المشترك الناتج مشابها فى صلابته لبوليمر الستايرين نفسه، ولكنه يصبح أكثر متانة منه بسبب وجود بعض تكتلات البيوتادايين منتشرة فى مواقع معينة فى السلسلة. والسبب فى هذه المتانة هو أن بوليمر البيوتادايين وحده من نوع الإلاستومر المرن، مما يعطى سلسلة البوليمر المشترك مرونة كافية.

ويستخدم بوليمر البولى ستايرين - بيوتادايين فى صنع نوع من المطاط الصناعى يعرف باسم «Buna S» وذلك بزيادة نسبة البيوتادايين فى البوليمر المشترك، أما إذا زادت نسبة الستايرين فى البوليمر المشترك فتزداد متانته ويستخدم فى هذه الحالة فى صنع بعض نعال الأحذية.

البوليمرات الفلورية

تتميز البوليمرات الفلورية بأنها تقاوم فعل الحرارة والمواد الكيميائية، وبأنها لا تقبل الاشتعال، وبصفاتها العازلة للكهرباء، ويضاف إلى ذلك أن لها مرونة كافية حتى عند درجات الحرارة المنخفضة.

والبوليمرات المحتوية على ذرات الفلور عدة أنواع، وهى تحضر بطرق مشابهة لطرق تحضير بولى كلوريد الفاينيل، وأهم أنواعها البوليمرات التى تحضر ببلمرة فلوريد الفاينيل، أو فلوريد الفاينايليدين أو رباعى فلوروإثيلين.

ولا تحضر هذه المركبات بالتفاعل المباشر بين غاز الفلور والهدروكربونات؛ لأن التفاعل بالغ العنف ويسبب اشتعال خليط التفاعل ويعطى رابع فلوريد الكربون فى أغلب الأحوال.

وقد استنبط كيميائى بلجيكى يدعى «سوارتس» «Swarts» طريقة غير مباشرة لتحضير مركبات الفلور، وذلك بمعاملة مشتقات الكلور الهدروكربونية بثلاثى فلوريد الأنتيمون. وقد استخدمت هذه الطريقة وغيرها فى تحضير بعض مركبات الفريون عام ١٩٣٠ بواسطة شركة «ديبون» الأمريكية.

بولى فلوريد الفاينيل

يتكون هذا البوليمر ببلمرة المونومر المعروف باسم فلوريد الفاينيل الذى يحضر بإضافة فلوريد الهدروجين إلى الأسيتلين.

$$CH \equiv CH + HF \longrightarrow CH_2 = CHF$$

فلوريد الفاينيل

والبوليمر الناتج يشبه بولى كلوريد الفاينيل، وهو يستخدم فى تكسية الفلزات والخشب وبعض مواد البناء لمقاومته العالية للأكسدة والأمطار، ولفعل أغلب المواد الكيميائية.

بولى فلوريد الفاينايليدين

يحضر هذا البوليـمر ببلمرة فلوريد الفاينايليدين الذى يحـضر بتفاعل ثلاثى كلوريد الإيثان مع فلوريد الهدروجين لتكوين ثنائى فلوروكلوروإيثان.

$$Cl_3C - CH_3 + 2HF \longrightarrow Cl - CF_2 - CH_3 + 2HCl$$

ثلاثى كلوروإيثان ثنائى فلوروكلوروإيثان

وعند تسخـين هذا المركب الأخيـر يفقد كلوريد الـهدروجين ويتـحول إلى فلوريد الفانيايليدين.

$$Cl.\ CF_2 - CH_3 \xrightarrow{-HCl} F_2.C{=}CH_2$$

فلوريد الفاينايليدين

والبوليمر الناتج من فلوريد الفاينايليدين يتميز بمقاومته العالية للعوامل الجوية ولفعل المواد الكيميائية وقدرته على العزل، وهو يستعمل مثل بولى فلوريد الفاينيل فى تكسية المعدات والأسلاك وغيرها.

بولى تترافلوروإيثيلين = التفلون Teflon

يحضر التفلون ببلمرة تـترافلوروإثيلين [رباعى فلوروإثيلين] الذى يحضر من الكلوروفورم وفلوريد الهدروجـين فى وجود عامل مساعد مثل كـلوريد الأنتيمون حيث يتكون ثنائى فلوروكلوروميثان مع بعض المركبات الأخرى.

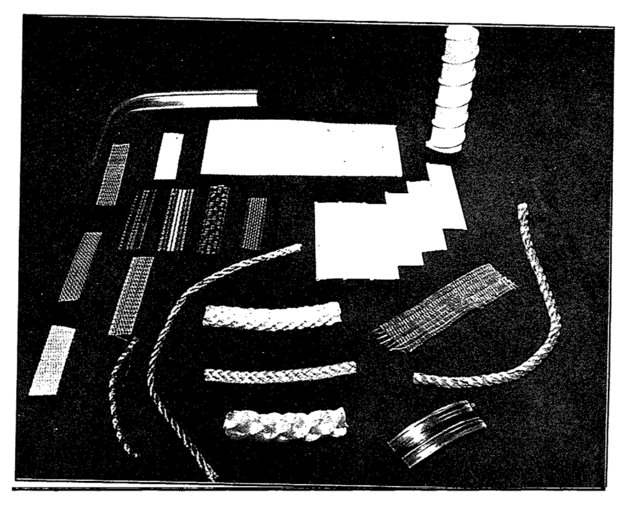
$$CHCl_3 + 2HF \longrightarrow CHClF_2 + 2HCl$$

كلوروفورم ثنائى فلوروكلوروميثان

ويمرر ثنائى فـلوروكلوروميثـان بعد ذلك فى أنبوبـة مسخنة لدرجـة حرارة عاليـة (نحو ٦٠٠ ـ ٨٠٠°م) فتـفقد جـزيئاته كلوريد الهدروجـين ويتكون رباعى فلوروإثيلين

$$F - \underset{F}{\overset{Cl}{C}} - H + H - \underset{F}{\overset{Cl}{C}} - F \longrightarrow F2C = CF2 + 2HCl$$

رباعى فلوروإثيلين



حبال صنعت من خيوط بولى كلوريد الفاينايليدين وهى شديدة المتانة وتقاوم التآكل. كما تقاوم فعل البكتريا والفطريات. وتستخدم فى كثير من الأغراض الصناعية

ويغسل رباعى فلوروإثيلين فى برج خاص بالماء لإزالة كلوريد الهدروجين ثم يقطر تقطيرا تجزيئيا لإزالة بعض مركبات الفلور الأخرى.

وتتم بلمرة رباعى فلوروإثيلين بتسخينه فى أوعية من الصلب الذى لا يصدأ تحت الضغط وفى وجود عامل حافز من فوق الأكاسيد، ويتحول البوليمر الناتج وهو بولى تترافلوروإثيلين إلى مادة بيضاء على هيئة حبيبات.

ويمكن إجراء البلمرة فى المحاليل، فيمرر رباعى فلوروإثيلين فى وعاء خاص عند درجة حرارة ٨٠م وتحت ضغط ٢٥ جو، يحتوى كل كمية الماء المحتوى على فوق كبريتات الأمونيوم، وعند إضافة عامل استحلاب يتكون بولى تترافلوروإثيلين على هيئة معلق فى الماء.

ونظرا لصعوبة الاسم الكيميائى لهذا البوليمر فقد أطلق عليه اسم «فلوون» «Fluon» فى إنجلترا واسم «تيفلون» «Teflon» فى الولايات المتحدة (شركة ديبون) واشتهر فى العالم بهذا الاسم الأخير.

وقد اكتشفت البوليمرات الفلورية عام ١٩٤١، ولكنها لم تعرف على نطاق واسع إلا بعد الحرب العالمية الثانية. وتتميز هذه البوليمرات بمقاومتها العالية للحرارة وبعدم ذوبانها فى المذيبات العضوية، وببقائها مرنة حتى عند درجات الحرارة المنخفضة.

ويتميز التيفلون بعدم التصاقه بالمواد، ولذلك استعمل فى صنع أوانى الطهو وغيرها، ونظرا لقدرتها العالية على العزل فقد استعملت هذه البوليمرات فى صناعة المعدات والكابلات والأجهزة الكهربائية.

كذلك استعملت فى صنع أغشية المضخات والجوانات التى تمنع تسرب الزيوت فى الآلات، كما استعملت فى تغطية المحاور التى لا تحتاج إلى تشحيم. وقد صنعت منها أيضا طلاءات صامدة للماء لكل من الأوراق وألياف النسيج.

وقد اكتشفت حديثا خاصية جديدة لبوليمر بولى فلوروفاينايليدين $[-F_2C - CH_2 -]$، فقد تبين أنه يعطى مجالا كهربائيا عند تعرضه لضغط مرتفع أو التواء حاد، كذلك تبين أنه عند تعريضه لفرق فى الجهد الكهربائى، فإنه يغير من حجمه أو من طوله وعرضه.

وقد استعمل بولى فلوروفاينايليدين حديثا فى علاج كسور العظام وفى صنع أغشية سماعات التليفون وغيرها للاستفادة من هذه الخاصية الجديدة.

بولى مثيل ميثاكريلات

يمكن تحضير مونومر مثيل ميثاكريلات من الأسيتون وذلك بتفاعله أولا مع سيانيد الهدروجين لتكوين سيانوهدرين الأسيتون، ثم تحلل مجموعة السيانيد بالماء إلى مجموعة كربوكسيل التى تحول إلى مجموعة الإستر المثيلى بواسطة الكحول المثيلى

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\parallel}}{C}-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-\overset{HO\ \ CN}{\overset{\diagdown\ \diagup}{C}}-CH_3 \xrightarrow{H_2O}$$

سيانوهدرين الأسيتون

$$CH_3-\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}}-COOH \xrightarrow{-H_2O} CH_3-\underset{\underset{\displaystyle COOH}{|}}{C}=CH_2$$

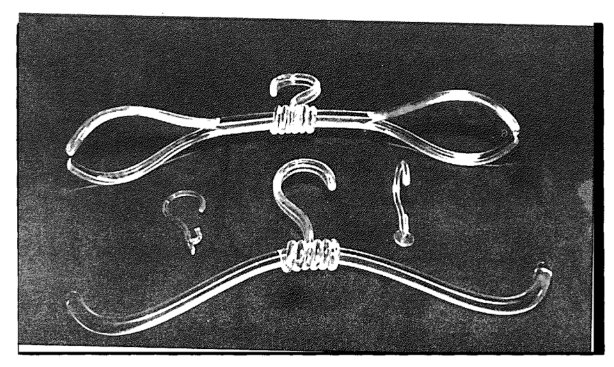
حمض ميثاكريليك

ويمكن إجراء بلمرة المثيل ميثاكريلات عن طريق البلمرة الكتلية دون الحاجة إلى وجود مذيب، وعند إضافة البادئ مثل فوق أكسيد البنزويل تبدأ البلمرة عند درجة حرارة متوسطة، ثم تستكمل بعد ذلك عند نحو ١٢٠°م. والناتج فى هذه الحالة بوليمر يشبه الزجاج، ولكن يصعب السيطرة على درجة حرارة التفاعل كما أن البلمرة فى هذه الطريقة تحتاج إلى وقت طويل.

ويمكن إجراء بلمرة المثيل ميثاكريلات فى معلق فى الماء فى وجود بعض المواد مثل الجيلاتين، وبعد إضافة البادئ ترفع درجة حرارة خليط التفاعل إلى نحو ٥٠ ـ ٦٠°م. ونظرا لأن تفاعل البلمرة تفاعل طارد للحرارة، فيلزم تبريد وسط التفاعل فى أثناء البلمرة حتى لا تتجاوز درجة حرارته ١٠٠°م. والناتج فى هذه الحالة يكون على هيئة حبيبات تشبه الخرز، تفصل بالطرد المركزى وتغسل ثم تجفف بتيار من الهواء الساخن.

كذلك يمكن إتمام البلمرة فى مستحلب يحتوى على نحو ٤٠٪ من المونومر (مثيل ميثاكريلات)، مع إضافة مادة استحلاب مناسبة وبعض المواد المثبتة للمستحلب مثل الجيلاتين أو مثيل سليولوز، أو كحول البولى فاينيل ثم يضاف البادئ. وبعد انتهاء عملية البلمرة يبرد خليط التفاعل ثم تضاف إليه النشادر حتى يصل رقمه الهدروجينى إلى نحو ٨، ثم بعد ذلك يفصل البوليمر ويغسل بالماء ويجفف.

أطقم للأسنان. شفافة ومعتمة. مصنوعة من لدائن بولى مثيل ميثاكريلات



شماعات شفافة للملابس مصنعة من لدائن بولى مثيل ميثاكريلات

وقد تمت كـذلك بلمرة المثيل مـيثاكـريلات فى المحلول، والمذيب المستـخدم عادة هو البنزين، وبعد إضافة البادئ وهو فـوق أكسيد البنزويل، تبدأ البلمرة عند ٦٠ْم، ولكن يجب تبريد الخليط أو المحلول حـتى لا ترتفع درجة الحرارة ويتـبخر المذيب. وعند انتـهاء البلمرة يتم التـخلص من المذيب والمونومر المتـبقى بالتـقطير بالبخار، ثم يفصل البوليمر الناتج.

$$n\ CH_2=\underset{\underset{COOCH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}} \longrightarrow \left[-CH_2-\underset{\underset{COOCH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}- \right]_n$$

بولى مثيل ميثاكريلات

ويمكن صب بوليمر مثيل ميـثاكريلات فى قوالب عند درجة حرارة ١٣٠ ـ ١٩٠ْم وتحت ضغط ١ ـ ٢ طن على البـوصة المربعة، وذلك على هيئة قـضبان أو شرائح شفافة تشبه الزجاج.

وبوليمر مثيل ميثاكريلات كـثافته نحو ١,١٩ ، وهو يطفو تقريبا على سطح الماء، ويتميز بخواصه الميكانيكية والكهربائية الجيدة، وهو يشبه الزجاج فى شفافيته وفى سطحه اللامع، وعرفت الشرائح الشفافة منه باسم «البرسبكس» «Perspex»، وهى تتحمل الصدمات ولا تصبح هشة عند تبريدها، كما أنها تسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية مما يميزها عن الزجاج من هذه الناحية.

ونظرا لمقاومة هذا البوليـمر للمواد الكيميائية، فقـد استعمل فى صنع أسنان صناعية فى طب الأسنان، كـذلك أدت خواصه الضوئية الجيدة إلى استعماله فى صنع النظارات وفى صنع العدسات والحواجز الواقية للوجه والعيون.

وقد ابتكرت طريقة لتكسية سطح العدسات بالسليكا لمنع إصابتها بالخدوش، وذلك بواسطة التبخير تحت ضغط مخفف وترسيبها على السطح.

كذلك اسـتخدم بوليـمر مثـيل ميثـاكريلات فى صنع فرش الشـعر وبعض اللافتات وبعض الحلى، والأضواء الخلفية للسيارات وغيرها من الأدوات.

ويمكن فى بعض الحالات خلط بوليمر مثيل ميثاكريلات بيوليمر آخر مثل بولى بيوتيل ميثاكريلات لتحسين خواصه واستخدامه فى بعض الأغراض الخاصة، كذلك استعمل حديثا محلول من مثيل ميثاكريلات فى أكريلات الإثيل لإصلاح أوراق الكتب القديمة التى اهترأت فيها ألياف السليولوز. ويشبع الورق بهذا المحلول ثم يعرض لأشعة جاما لإحداث البلمرة، وبذلك يتكون بوليمر مثيل ميثاكريلات بين ألياف السليولوز فى الورق ويعمل كمادة رابطة تمنع تهتكها وتحفظها من التلف لعدة أعوام قادمة.

بولى أكريلوتتريل

أهم استخدام لبولى أكريلوتتريل هو فى صنع الخيوط المستخدمة فى تحضير بعض أنواع النسيج، ومع ذلك فهناك بوليمترات مشتركة بين الأكريلوتتريل والستايرين والبيوتادايين وهو البوليمر المعروف باسم «ABS»، وله استعمالات خاصة وسبق ذكره من قبل.

كذلك هناك بوليمر آخر يحصل عليه بالبلمرة المشتركة بين الستايرين والأكريلونتريل ويعرف باسم «SAN» وذكر من قبل تحت اسم بوليمرات مشتركة مع الستايرين.

أما البوليمر الثالث الذى يشترك فيه الأكريلوتتريل فهو يصنع بالبلمرة المشتركة بين الأكريلوتتريل والبيوتادايين، وهو يعرف باسم مطاط «Buna N»، وهو يقاوم فعل الزيوت ومقطرات البترول، ويستخدم فى صنع خراطيم لنقل هذه المواد، كما تصنع منه بعض الجوانات المقاومة لفعل الزيوت، ويستخدم كذلك لتبطين الصهاريج.

خيوط البولى أكريلوتتريل

يمكن إنتاج بوليمر بولى أكريلوتتريل بطريقة البلمرة فى المحلول، وهذه الطريقة تصلح لتحضير الخيوط مباشرة من البوليمر.

وتتم البلمرة فى مذيب مثل ثنائى مثيل فورماميد، ويضاف البادئ مع المونومر (أكريلونتريل)، وتحدث البلمرة عند نحو ٥٠°م، ولكنها تحتاج إلى وقت طويل قد يصل إلى نحو ٢٤ ساعة، ولكن درجة تحول المونومر إلى البوليمر لا تزيد على ٦٠٪ على الأكثر.

وعند نهاية تفاعل البلمرة يقطر المذيب تحت ضـغط مخلخل، ويساعد ذلك أيضـا على التـخلص من الزيادة من المونومـر، وعـادة مـا يسـتعـاد كل منهـمـا لاستـعمالهـما مرة أخـرى. ويستـخدم البوليـمر المتبـقى فى صنع خيـوط البولى أكريلونتريل مباشرة

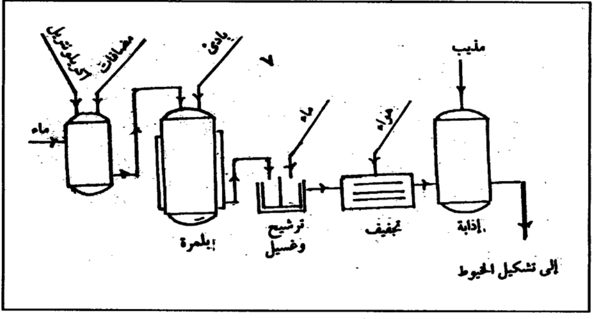
$$CH_2 = CH - CN \longrightarrow \left[-CH_2 - \underset{\underset{CN}{|}}{CH} - \right]_n$$

أكريلونتريل　　　　　بولى أكريلونتريل

ويمكن كذلك إجراء البلمرة فى مـعلق من المونومر فى الماء، ثم تضاف إليه بعض المواد البادئة للتفاعل مـثل فوق كبريتات الصوديوم وثيوكـبريتات الصوديوم. وعادة ما يضاف إلى خليط التفاعل بـعض المواد الأخرى التى قد تحسن من صفات البوليمر الناتج وتجعله يعطى خيوطا ذات صـفات ميكانيكية جيدة، ومن أمثلة هذه المواد ميثاكريلات المثيل أو أسيتات الفاينيل.

وتستمـر عملية البلمرة مدة من الزمـن عند درجة حرارة لا تزيد على ٥٠ْم حتى تصل درجة البلمرة إلى نحو ٦٠٪.

وفى نهاية العملـية يمرر البخار فى المحلول لطرد المونومـر، وعندئذ ينفصل البوليمر ويرشح ويغسل جيدا بالماء ثم يجفف بالهواء الساخن.



إنتاج بولى أكريلونتريل بالبلمرة فى معلق

ويطحن البوليمر بعد ذلك ثم يذاب فى مذيب مناسب مثل ثنائى مثيل فورماميد لتكوين محلول يحتوى على نحو ٢٥٪ من البوليمر وذلك عند درجة حرارة ٦٠°م.

وتشكل خيوط بولى أكريلونتريل بالبثق خلال مغزل دقيق الثقوب، حيث تغمر الشعيرات الناتجة فى أحواض بها محلول مخفف من ثنائى مثيل فورماميد فى الماء درجة حرارته نحو ٢٥ - ٣٠°م، ثم تسحب هذه الخيوط إلى حوض آخر وتمط فيه إلى نحو عشرة أمثال طولها لزيادة متانتها، ثم تغسل بالماء الدافئ.

وتتعدد أصناف خيوط البولى أكريلونتريل التى توجد بالأسواق، ويعتمد ذلك على نوع المواد الأخرى التى تضاف إليها فى أثناء تصنيعها، والتى يكون الهدف منها زيادة متانتها ومرونتها وزيادة قدرتها على تقبل الأصباغ.

وخيوط البولى أكريلونتريل لاتمتص الرطوبة إلا بشكل ضئيل، ولكنها تكفى لمنع تراكم الشحنات الكهربائية عليها.

وتباع خيوط البولى أكريلونتريل فى الأسواق بمسميات مختلفة مثل الأورلون والأكريلان، والأخير يشبه الصوف ويحافظ على دفء الجسم، وقد يخلط بخيوط صناعية أخرى أو يخلط ببعض الخيوط الطبيعية - وتصنع من هذه الخيوط ملابس للرجال والسيدات، وبعض البطاطين وبعض أنواع السجاد. كذلك قد يستخدم البولى أكريلونتريل فى تغطية سطوح الفلزات لمنع تآكلها.

ألياف الكربون من خيوط بولى أكريلونتريل

عند تسخين بوليمر البولى أكريلونتريل وهو على شكل خيوط تحت ضغط مخلخل تحدث به عدة تغييرات، ثم تتحول هذه الخيوط فى نهاية الأمر إلى ألياف الكربون.

عند وصول درجة الحرارة إلى نحو ٢٥٠°م يبدأ البوليمر فى التحول إلى شكل حلقى، ثم يتحول عند بلوغ درجة الحرارة ٤٠٠°م إلى «بولى بيريدينوبيريدين» وهو مركب حلقى تزدوج فيه الرباطات الثنائية ومازال محتفظا بكل ذرات النتروجين.

$$\left[\text{polyacrylonitrile chain}\right] \xrightarrow{250^\circ C} \left[\ \ \right]_n \xrightarrow{400^\circ C}$$

بولى أكريلونتريل

وعندما ترتفع درجة الحرارة عن ذلك يفقد هذا المركب الأخير بعض ذرات الهدروجين كما يفقد بعض ذرات النتروجين ويتكون منه فى نهاية الأمر شبكة من ذرات الكربون وإن كان مازال بها قليل من ذرات النتروجين، وتعرف باسم ألياف الكربون.

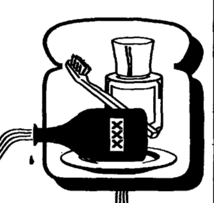
$$\left[\ \ \right]_n \longrightarrow \left[\ \ \right]_n$$

بولى بيريدينوبيريدين **ألياف الكربون**

وقد استخدمت ألياف الكربون فى مختلف الأغراض، واستخدم مزيج منها مع راتينج الإيبوكسى فى صنع قطع عالية المتانة ومقاومة للحرارة فى الصواريخ وفى سفن الفضاء.

تابع الفصل الثالث

اللدائن المخلقة



ثانيا ـ لدائن وراتينجات مخلقة بالتكثيف

اللدائن الأمينية

خيوط البولى أكريلونتريل

ألياف الكربون من خيوط بولى أريلونتريل

لدائن البولى أميد

النايلون

الكابرولاكتام

خيوط النايلون والكابرولاكتام

راتينجات الألكيد

البولى إستر

خيوط البولى إستر

راتينجات الإيبوكسى

البولى كربونات

البولى يوراثان

الباكلايت

السليكونات

اللدائن الأمينية

لدائن اليوريا والميلامين

زاد الاهتمام بلدائن الأمينات بعد الحرب العالمية الأولى، وعلى وجه الخصوص اللدائن المتكونة بتفاعل اليوريا والميلامين مع الفورمالدهيد، وهى لدائن عديمة اللون ويمكن تلوينها بمختلف الألوان.

لدائن اليوريا

كانت اليوريا تفصل من بول الحيوانات على هيئة مادة بيضاء، ثم حضرت بعد ذلك ولأول مرة بواسطة الكيميائى الألمانى «فوهلر» عام ١٨٢٨، وذلك بتسخين سيانات الأمونيوم.

وتحضر اليوريا اليوم بتسخين النشادر مع ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط مناسب (نحو ١٣٠ جو) وعند درجة حرارة ١٨٠ مئوية، فتتكون أولا كربامات الأمونيوم التى تنحل عند تخفيف الضغط إلى يوريا وماء

$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{كربامات الأمونيوم}}{H_2N.COONH_4} \longrightarrow \underset{\text{يوريا}}{H_2N.CO.NH_2} + H_2O$$

ويحدث التفاعل بين اليوريا والفورمالدهيد لتكون ثنائى ميثايلول اليوريا التى تتفاعل مع زيادة من اليوريا لتعطى راتينج يتركب من سلاسل طويلة

$$H_2N.CO.NH_2 + 2CH_2O \longrightarrow \underset{\text{ميثايلول يوريا}}{HO.CH_2.HN.CO.NH.CH_2OH}$$

$$\xrightarrow{\text{يوريا}} \underset{\text{مجموعة مكررة}}{HOCH_2.\ NHCONH.CH_2.NH.CONH.CH_2.NHCONH_2}$$

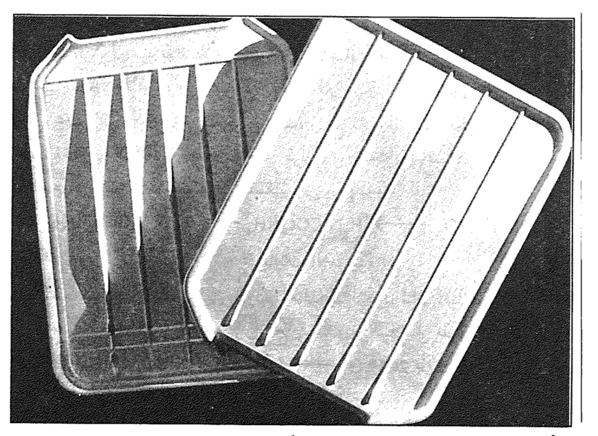
ومن الملاحظ أن مجموعات $[-NHCONHCH_2-]$ تتكرر على طول السلسلة ولذلك يمكن كتابة تركيب الراتنج كما يلى

$$HOCH_2 \left[-NHCONHCH_2- \right]_n -NHCONH_2$$

ويزداد التفاعل بعد ذلك مع الفورمالدهيد حيث تصل السلاسل الطويلة للبوليمر بواسطة مجموعات($-CH_2-$) ويتكون بذلك تركيب شبكى ثلاثى الأبعاد

$$
\begin{array}{c}
- NH.CON - CH_2 - \\
| \\
CH_2 \\
| \\
- NH.CON - CH_2 -
\end{array}
$$

ويتم التفاعل بتحضير محلول من الفورمالدهيد فى الماء بتركيز ٣٥ ـ ٣٧٪ ثم تذاب اليوريا فى ماء دافئ حتى يصل تركيزها إلى نحو ٦٠٪، ويضاف هدروكسيد الصوديوم إلى محلولها حتى يصير المحلول قلويا.



أدوات تصفية الماء التى توضع على الأحواض المصنوعة من لدائن اليوريا. وهى تتميز بمتانتها وخفة وزنها. وتقبلها لمختلف الألوان.

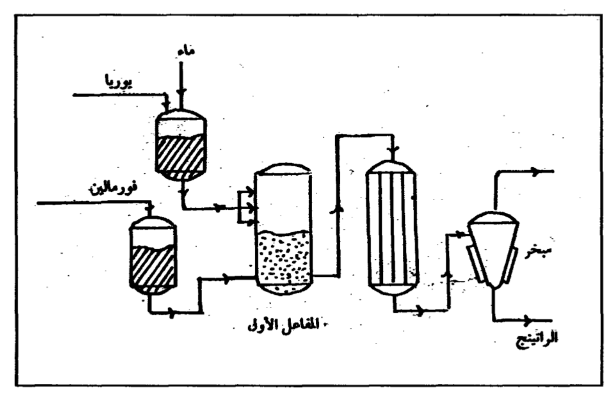
والمفاعل الذى يجرى فيه تكثيف اليوريا مع الفورمالدهيد يتكون من وعاءين، يدفع فى أولهما محلول اليوريا من الجوانب العليا للمفاعل، ويدفع محلول الفورمالدهيد من أسفله ويحتفظ بالحرارة فى هذا المفاعل عند ٧٥°م ـ ثم ينتقل مخلوط التفاعل إلى الوعاء الثانى وترفع درجة الحرارة إلى نحو ٩٥°م أو أكثر.

وعند انتهاء عملية التكثيف يتم التخلص من الماء الناتج فى التفاعل بالتقطير تحت ضغط مخلخل، ثم يصهر الراتينج المتكون ويصفى فى أوعية خاصة ويترك ليتجمد. ومن الممكن الحصول على راتينج اليوريا ـ فورمالدهيد على هيئة محلول أو على هيئة محلول شرابى القوام.

وتتكون لدائن اليوريا ـ فورمالدهيد من مادة مالئة ومن الراتينج فيخلط شراب الراتينج مع المادة المالئة مثل دقيق الخشب، وتضاف المادة الملونة، ويعجن الخليط معا فى عجان خاص، مع إضافة مادة مزلقة مثل ستيارات الزنك أو استيارات المغنسيوم، ثم تجفف العجينة عند درجة حرارة متوسطة وتطحن فى مطحنة تعمل بكرات الصلب.

وعندما يراد إنتاج لدائن شفافة من اليوريا تستعمل مواد مالئة من ألياف السليولوز المستخرج من القطن أو الخشب بعد تبييضه.

وينتج من العملية السابقة مسحوق متجانس الحبيبات، يضغط عادة على هيئة أقراص استعدادا لصبه فى قوالب.



تحضير راتينج اليوريا ـ فورمالدهيد

وتصنع مواد لاصقة من راتينج اليوريا ـ فـورمالدهيد، ويتم التفاعل فى هذه الحالة فى وجود قلوى لتكوين الميثايلول يوريا، ثم يضاف حمض لتكوين الراتينج، ويعادل الحـمض عند الوصول إلى حـد التكاثف المناسب، ويستعـمل الراتينج فى لصق طبقـات الخشب فى الخشب الرقـائقى، وفى صنع ألواح الفورمايكا وكـمادة مضادة للتجعد فى النسيج «anti-crease».

وعند الضغط عند درجة حرارة عالية، تتـشكل روابط تصالبية وينتج تركيب شبكى.

ويمكن أن تتـفـاعل مـيثـايلول يوريا مع بعض الـكحولات مـثل الكحـول البيوتيلى لتكوين رابطة إثيرية

$$H_2N.CO.NH.CH_2OH + C_4H_9OH \longrightarrow H_2N.CO.NH.CH_2OC_4H_9$$

أحادى ميثايلول يوريا

وقد استـغلت هذه الإثيرات فى صنع الطلاءات الـفلورية، وذلك بإذابة أحد الأصباغ الفلورية «Fluorescent» فى المحلول الشرابى للراتينج الأثيـرى ثم تسخينه بالحرارة حـتى يتجـمد، ثم يسـحق ويستـخدم بعـد ذلك فى وسط مناسب لصنع الطلاء أو فى الطباعة الملونة.

لدائن الميلامين Melamine

الميـلامين مـركب عـضوى حـلقى، تتكون حلقـاته من ذرات من الكربون والنتـروجين، وكـان يحـضر أصـلا من كربيـد الكالسـيوم الذى يحـول أولا إلى سياناميد الكالسيوم، ثم إلى الميلامين.

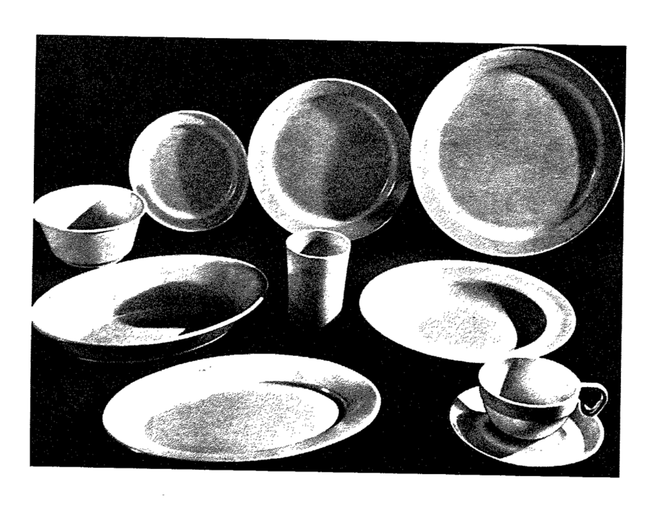
وتعتمـد طريقة تحضيـره حاليا على تسخـين اليوريا عند درجة حـرارة عالية تصل إلى نحو ٤٠٠°م وتحت ضـغط يصل إلى نحو ١٠٠ جو، وفى وجـود عامل حفز مثل الألومنيا.

$$H_2N.\overset{\overset{O}{\|}}{C}.N_2H \rightleftharpoons \text{melamine ring: } C_3N_3(NH_2)_3$$

H₂N- C(=N)...

ويحضر راتينج الملامين ـ فورمالدهيد، كما فى حالة اليوريا، وقد يطرح فى الأسواق على هيئة سائل يحتوى على نحو ٦٥٪ من المادة الصلبة الناتجة من مرحلة التكاثف الأولى مع الفورمالـدهيد، وتختلف هذه السوائل فى نسبـة الميلامين إلى الفورمالدهيـد، وفى درجة بلمرتها ولزوجتـها. كذلك يمكن صنع مسـاحيق منها يمكن تخزينها لمدة أطول من المحاليل السابقة، ويمكن بعد ذلك إذابتها فى الماء.

وتستخدم المحـاليل المائية للميلامين ـ فورمالـدهيد فى صناعة ألواح الخشب المضغـوط أو الخشب الرقـائقى وكذلك فى صناعـة الورق وصناعة النسـيج، وفى صنع ألواح الفورمايكا.



بعض أدوات المائدة المصنوعة من الميلامين، وهى تقاوم الحرارة والبرى، كما تقاوم فعل الماء المغلى وعصائر الفواكه والخضراوات.

وعند كبس مسحوق الراتينج عند درجة حرارة عالية تتكون روابط تصالبية بين سلاسل البوليمر ويتحول إلى تركيب شبكى ثلاثى الأبعاد يقاوم فعل المواد الكيميائية وله صفات ميكانيكية جيدة.

وتصنع من الراتينجات الأمينية راتينجات معدلة عبارة عن إثيرات للبيوتانول، وهى تستعمل فى صنع الطلاء لأنها لا تذوب فى المذيبات العضوية، ويمكن إضافتها إلى راتينجات الألكيد أو السليولوز المستعمل فى الطلاء.

راتينجات البولى أميد Polyamide Resins

تنتج بوليمرات البولى أميد بطريقة التكثيف حيث تتفاعل مجموعة الكربوكسيل الحمضية فى أحد الجزيئات مع مجموعة الأمين القاعدية فى جزىء آخر لتكوين مجموعة أميد [-CONH-]، ومن هنا اشتق اسم البولى أميد لتكرار وجود هذه المجموعة فى سلسلة البوليمر.

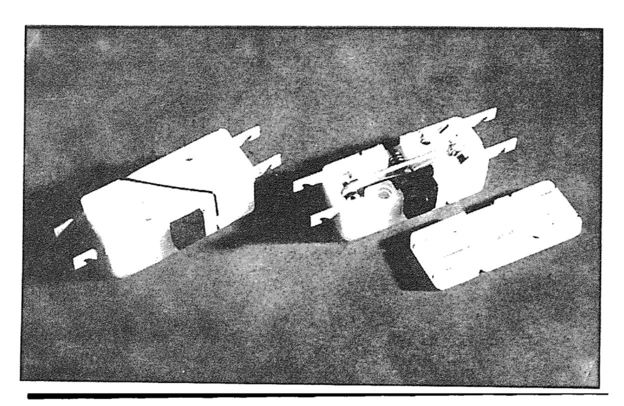
وأهم أنواع بوليمرات البولى أميد هى النايلون والكابرولاكتام، وهى التى ينتشر استعمالها اليوم فى صنع اللدائن والألياف الصناعية.

النايلون Nylon

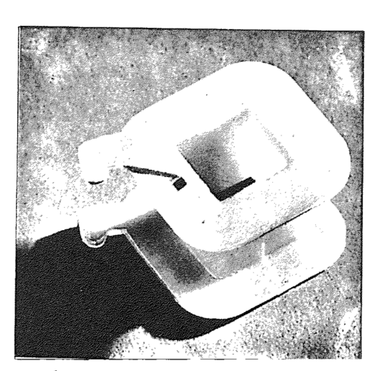
يقترن اسم النايلون باسم الكيميائى الأمريكى «والاس كاروزرس» «W.H. Carothers»، الذى بدأ بحوثه عن البوليمرات فى شركة «ديبون» الأمريكية «E.I. du Pont de Nemours» عام ١٩٢٨.

وقد تمكن «كاروزرس» من تكوين بوليمر بتكثيف سداسى مثيلين ثنائى الأمين مع حمض أديبيك عام ١٩٣٥، وأطلق عليه اسم «نايلون ٦٦» وتنطق (ستة ستة) لأن جزيئاته تتكون باتحاد مادتين تحتوى كل منهما على ست ذرات من الكربون.

وقد بدأ إنتاج هذا البوليمر عام ١٩٣٧ وأنتجت منه بعض الأدوات مثل فرش الأسنان، ولكن إنتاجه الحقيقى بدأ فى الولايات المتحدة عامى ١٩٣٩ - ١٩٤٠، وصنعت منه جوارب السيدات التى فاقت فى جمالها ومتانتها، الجوارب



بعض المفاتيح الكهربائية المصنوعة من النايلون



بكرة مصنوعة من النايلون تستخدم فى لف الأسلاك فى

بعض الأجزاء الكهربائية للطائرات

المصنوعة من الحرير الطبيعى، وبلغت مبيعات هذه الجوارب نحو ٦٤ مليون جورب فى السنة الأولى مما يدل على مدى النجاح السريع الذى حققه هذا البوليمر.

$$HO\ OC.[CH_2]_4 - CO\ OH + H\ .NH - [CH_2]_6.\ NH\ H$$

سداسى مثيلين ثنائى الأمين   حمض أديبيك

$$\left[- OC.\ [CH_2]_4\ .\ CONH\ .\ [CH_2]_6.\ NH - \right]_n$$

النايلون ٦٦

ويحصل على كل من حمض أديبيك وسداسى مثيلين ثنائى الأمين من البنزين أو من الفينول أو الهكسان الحلقى بطرق بسيطة، وهى مواد تنتج من تقطير الفحم أو البترول.

ويتم التفاعل بين حمض أديبيك وسداسى مثيلين ثنائى الأمين فى وسط من الكحول المثيلى وفى جو من غاز خامل مثل غاز النتروجين. ويتكون فى هذه الظروف ملح بين الحمض والأمين يعرف باسم «ملح النايلون» «Nylon Salt»، وهو يترسب من الكحول بالتبريد، ثم يرشح بواسطة آلة الطرد المركزى، ويعاد الكحول المثيلى لاستخدامه فى تكوين الملح من جديد.

أما ملح النايلون فينقل إلى وعاء خاص ويذاب فى الماء، ثم يدفع إلى وعاء التفاعل ويسخن إلى ٢٧٠ْم تحت ضغط نحو ١٥ جو، لتكوين البوليمر بتكرار التكثف بين الجزيئات بواسطة الحرارة وفى وجود قدر صغير من حمض الخليك للتحكم فى طول سلسلة البوليمر.

ويتم تفاعل البلمرة أو التكثيف فى جو من غاز النتروجين منعا لتكوين بوليمر أدكن اللون، حيث إن الأمين المستخدم يتلون باللون البنى عند ملامسته لأكسجين الهواء. وتحتاج عملية التكثيف إلى أكثر من ساعتين.

ويتصاعـد البخار من فتـحة خاصة فى وعـاء التفاعل، أما بوليـمر النايلون فيخرج من فتحـة خاصة فى قاع الوعاء على هيئة مصهور يتـجمد عند غمره بالماء البارد على هيئة شريط مرن، ويقطع بآلة خاصة إلى شرائح.

بوليمر الكابرولاكتام

المادة الرئيسيـة المستخدمة فى تحـضير هذا البوليمـر هى الكابرولاكتام، وهو ينتمى إلى مجموعة بوليمرات البولى أميد، ويعرف كذلك باسم البولى أميد ـ ٦ أو نايلون ـ ٦، لأنه يشبه الـنايلون فى صفاته، وتتكون سلسلة البوليـمر من وحدات يتكون كل منها من ست ذرات من الكربون

$$\begin{array}{c} CH_2 - CH_2 - CO \\ CH_2 \qquad\qquad | \\ CH_2 - CH_2.NH \end{array} \longrightarrow \left[CO - CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.NH \right]$$

كابرولاكتام   بولى أميد ٦

يحضر بولى أمـيد ـ ٦، بإضافة بعض الماء (٣٪ بالوزن) إلـى الكابرولاكتام فى أوتوكلاف أو مفاعل يعمل بالـضغط، وترفع درجة الحرارة إلى نحو ٢٦٠°م فى جو من غاز النتروجين. وتستغرق عمليـة البلمرة يوما كاملا، ويرتفع فيها الضغط داخل المفاعل إلى نحـو ٢٠ جو، وفى نهاية العمـلية يخفض الضغط تدريجـيا ثم يخفف الضغط فى النهاية لإزالة الماء.

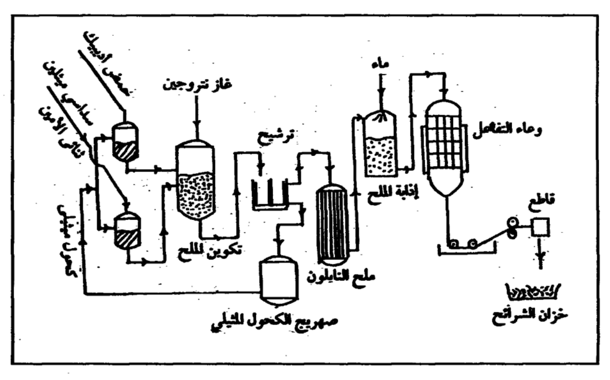
ويخرج البولى أميد على هيئة مصهور يحول إلى خيوط سميكة يتم تجميدها فى الماء، أو يحول إلى قضـبان تقطع إلى أطوال صغيرة، أو تحـبب، وهى تحتوى عادة على نسبة من الكابرولاكـتام الذى لم يتبلمر بعد، ويمكن استخـلاصها بعدة طرق.

ويعبأ البولى أميد ـ ٦ فى أكياس من البـولى إثيلين يتم لحامها فورا ووضعها بعد ذلك فى علب محكمة أو ملحومة، لأن البوليمر الناتج يمتص الرطوبة سريعا من الهواء.

أنواع أخرى من البولى أميد

هناك نوع آخر من بوليمرات البولى أميد يعرف باسم نايلون ١٠ ـ ٦ (عشرة ـ ستة)، وهو يصنع من سداسى مثيلين ثنائى الأمين مع حمض سباسيك الذى يحتوى جزيؤه على عشر ذرات من الكربون.

وتتميز لدائن البولى أميد بصفة عامة بمقاومتها للبرى ولدرجات الحرارة العالية وفعل المواد الكيميائية، ولهذا تصنع منها بعض تروس الآلات وبعض المحاور والكامات المتحركة، فى أجهزة قياس السرعة، وبعض الأجهزة المستخدمة فى المنازل.



خطوات تصنيع النايلون ٦٦

خيوط النايلون والكابرولاكتام

تحضر خيوط النايلون والكابرولاكتام عادة بصهر البوليمر وهو على هيئة شرائح فى وعاء من الصلب الذى لا يصدأ عند نحو ٢٥٠°م، وفى وجود جو من النتروجين، حتى لا يتأثر البوليمر بأكسجين الهواء عند هذه الدرجة العالية من الحرارة.

ويدفع مصهور البوليمر بواسطة مضخة خاصة إلى مغزل دقيق الثقوب، وتخرج الشعيرات من المغزل لتقابل تيارا من الهواء البارد، فتتجمد فى الحال، ثم تعالج الخيوط ببعض المزلقات وتلف عند درجة حرارة نحو ٢٠° مئوية ودرجة رطوبة تصل إلى نحو ٥٠٪. ويتم عادة مط هذه الخيوط إلى أربعة أمثال طولها الأصلى بعد مدة قصيرة من تكوينها.

ويمكن كذلك تكوين هذه الخيوط من مصهور البوليمر الخارج مباشرة من وعاء التفاعل، ولكن يجب فى هذه الحالة التخلص من المونومر أولا خاصة فى حالة صنع خيوط من بوليمر الكابرولاكتام.

والهدف من شد الخيوط أو مطها بعد تكوينها، هو أن تصبح السلاسل التى تتكون منها جزيئاتها متوازية وأكثر انتظاما، وهذا الانتظام فى توزيع السلاسل يزيد كثيرا من متانة الخيوط، وقد تصل متانتها إلى متانة خيوط من الصلب لها نفس السمك.

ولا تتأثر خيوط النايلون بالغسل، وهى لا تمتص الماء، ولا تنكمش بعد غسلها، كما أنها لا تحتاج إلى كى، وهى سريعة الجفاف ولا تنقطع بسهولة عند شدها.

وتصنع من خيوط البولى أميد عدة أنواع من الأقمشة والمنسوجات كما تصنع منها بعض أنواع السجاد، وبعض البطاطين، وبعض الأدوات المنزلية مثل فرش الشعر وفرش الأسنان.

كذلك تصنع منها بعض الخيوط الجراحية والحبال المستخدمة فى شد الطائرات الشراعية عند بدء إقلاعها، كما تصنع منها مضارب التنس وتيلة إطارات السيارات، وكثير من ملابس السيدات.

راتينجات الألكيد Alkyd Resins

تحضر هذه الراتينجات بتكثيف الكحولات عديدة الهدروكسيل مع الأحماض عديدة الكربوكسيل، ولهذا سميت براتينجات الألكيد، وهى كلمة مشتقة من كلمة الحمض acid، وكلمة كحول alcohol، وقد أطلق عليها هذا الاسم الكيميائى

«كينل» «R.H. Kienle» . وتعرف هذه الراتينجات أيضًا باسم «جليبتال» «Glyptal» وهو اسم مشتق من اسم الجليسرين.

وأول المواد التى عـرفت من هذا النوع حضـرها العالم الألمانى «برزيلـيوس» «Berzelius» عام ١٨٤٧ ، وذلك بتفاعل الجليـسرين مع حمض الطرطريك، ولكن أول الراتينجـات الصناعيـة الهامـة من هذا النوع، لم تحـضر إلا فى بداية القـرن العشرين، وذلك بتفاعل الجليسرين مع حـمض الفثاليك أو مع أنهدريد الفثاليك، ثم تلا ذلك تحضير بعض راتينجات الألكيد الهامة من الجليسرين وحمض الماليك.

$$\left[-OOC-C_6H_4-COO\,CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2\,OCO-C_6H_4-COOCH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2- \right]_n$$

راتينج ألكيد ناتج من تفاعل الجلسرين مع حمض الفثاليك

وقـد استـعملت فى تحـضيـر هذه الراتينجـات كحـولات أخرى مـتعـددة الهدروكسيل بدلا من الجليـسرين، مثل الصوربيتول، والمانيتـول، وبنتا إريثريتول، والجليكول، كـما اسـتعـملت أيضا بعض الأحـماض الأخـرى التى تحتـوى على مجموعتى كربو كسيل أو أكـثر، مثل حمض الطرطريك، أو حمض الستريك، أو حمض الأيزوفثاليك، أو حمض الماليك.

كذلك يمكن اسـتبدال حـمض الماليك فى هذا التفـاعل بالمركب الناتج من إضافتـه للبنتادايين الحلقى، أو بالمركب الناتج من إضافته لـبعض التربينات، وينتج من هذه المواد راتينجات ذات خصائص متنوعة.

ويسرى التفاعل بين الصوربيتول والمانيـتول، مع الأحماض، بسرعة أكبر من سرعة تفـاعل الجليسرين، كـما أن كحول البنتـا إريثريتول تتجـه فيه مجـموعات الهدروكسيل فى اتجاهات مختلفـة فى الفراغ، مما يعجل، بعد تفاعله مع الحمض، بتكوين التركيب الشبكى للبوليمر الناتج ويزيد من صلابته.

ويتم حاليا صناعة مئات الألوف من الأطنان من هذه البوليمرات، وهى تحضر عادة فى أوعية من الصلب الذى لا يصدأ، أو فى أوعية مبطنة بالزجاج.

ويتم تسخين المواد الداخلة فى التفاعل، وهى الكحول والحمض، إما وحدهما، وإما فى وجود مذيب مناسب عند درجة حرارة عالية تقع بين ١٧٥ - ٢٤٠°م، فى وجود غاز خامل مثل النتروجين، لأن أكسجين الهواء يتسبب فى بعض الأكسدة، ويؤدى إلى تكوين منتج أدكن اللون.

ويساعد تيار الغاز الخامل على حمل بخار الماء الناتج فى التفاعل، ويتم التحكم فى درجة البلمرة بقياس درجة اللزوجة.

وبعد انتهاء عملية البلمرة، يتم التخلص مما تبقى من الماء الناتج من عملية التكثيف، ومن المواد غير المتفاعلة بعملية تعرف باسم «التقطير الإيزوتروبى» فيضاف الزايلين إلى خليط التفاعل وعند تقطيره تحمل أبخرته معها بعض هذه المواد. ويلى ذلك التقطير تحت ضغط مخلخل للحصول على راتينج الألكيد نقيا.

ونظرا لأن أغلب راتينجات الألكيد تستعمل على هيئة محاليل، فيمكن تبريد ناتج التفاعل وتحضير المحلول فى نفس الوقت، والمذيبات المستعملة عادة فى تكوين هذه المحاليل هى البنزين أو الطولوين، وتصل نسبة الراتينج فى المحلول إلى نحو ٥٠ - ٧٠٪ من وزن المحلول.

وراتينج الألكيد الصلب مادة شفافة عديمة اللون تقريبا، ويصعب تسويقها فى هذه الصور لأنها هشة ويصعب استخراجها من الأوعية الحاملة لها.

وهذه الراتينجات ذات أهمية قليلة فى صناعة اللدائن لأنها لا تصبح جامدة تماما فى درجات الحرارة العالية رغم أنها تعد من مجموعة اللدائن الجامدة حراريا، ولكنها ذات أهمية خاصة فى صناعة الطلاء، فهى تتميز بلمعتها وبمقاومتها للعوامل الجوية، وقدرتها العالية على الالتصاق بالأسطح، كما أنها لا تتأثر بالمذيبات أو بالمواد الكيميائية، فيما عدا القلويات التى تسبب تحللها.

ويمكن تحضير راتينجات ألكيد معدلة، وذلك بخلطها بنحو ٣٠ - ٥٠٪ من وزنها ببعض الزيوت الجفوفة مثل زيت بذرة الكتان، أو زيت فول الصويا،

ويحدث فى هذه الحالة تفاعل بين الحمض الدهنى للزيت مع مجموعة الهدروكسيل الحرة فى الراتينج، ويؤدى ذلك إلى زيادة مرونة راتينج الألكيد.

[-OOC – C_6H_4 – CO. OCH_2 – CH(OR) – $CH_2O.CO$ – C_6H_4 – CO. OCH_2 – CH(OR) – CH_2-]$_n$

راتينج ألكيد معدل حيث تمثل R جزىء الحمض الدهنى

وعادة ما يضاف إلى هذه الراتينجات المعدلة مواد مجففه مثل بعض مركبات الكوبالت أو المنجنيز

ولا يخلط الزيت بالراتينج مباشرة، ولكن يتم أولا خلط الزيت مع الجليسرين، ثم يعالج الخليط بالجير لتكوين أحادى الجليسريد، وبعد ذلك يضاف إليه الحمض الداخل فى التفاعل. وتستعمل هذه الراتينجات المعدلة فى عمليات الطلاء.

ويمكن أيضا زيادة صلابة راتينجات الألكيد بإضافة حمض الماليك أوالفيورماريك وهى أحماض غير مشبعة، أو زيادة مرونتها بإضافة أحماض مشبعة مثل حمض السكسنيك أو حمض أديبيك.

ويمكن خلط راتينجات الألكيد مع راتينجات اليوريا أو الميلامين لاستعمالها فى بويات الفرن، كما يمكن خلطها بالبولى ستايرين لتعطى طبقة سريعة الجفاف وشديدة اللمعان.

وتستخدم راتينجات الألكيد فى طلاء بعض الأدوات المنزلية مثل الغسالات والثلاجات، كما تستخدم بعد خلطها بالألياف الزجاجية فى صناعة القوارب وغيرها.

راتينجات البولى إستر Polyester Resins

تشمل هذه المجموعة الراتينجات الناتجة من تفاعل الأحماض ثنائية الكربوكسيل مع الكحولات ثنائية الهدروكسيل.

وتتكون الراتينجات الرئيسية فى هذه المجموعة بتفاعل حمض الماليك أو حمض الفيوماريك، وهى أحماض غير مشبعة ثنائية الكربوكسيل، مع جليكول الإثيلين أو جليكول البروبيلين، وهى كحولات ثنائية الهدروكسيل.

ويتم التفاعل بين الحمض والكحول بتسخينهما معا عند درجة ٢٠٠°م فى وعاء، من الصلب الذى لا يصدأ، وتراقب درجة البلمرة الناتجة من التكثيف بضبط درجة الحرارة وبمراقبة رقم الحمض ودرجة لزوجة وسط التفاعل.

وفى نهاية التفاعل يدفع الراتينج الناتج فى خلاط تبريد، وتضاف إليه المواد المساعدة اللازمة لتكوين التركيب الشبكى ثلاثى الأبعاد، وهى عادة ما تكون الستايرين أو مشتقات المثيل ميثاكريلات.

ويحضر نوع من البولى إستر بتفاعل جليكول الإثيلين مع حمض الماليك وانهدريد الفثاليك، وتتكرر الوحدات التالية فى سلسلة الراتينج الناتج.

$$\left[-OC-\langle\rangle-CO.OCH_2-CH_2.O.CO.CH=CH.CO.OCH_2.CH_2O- \right]_n$$

ويساعد الستايرين وغيره من المواد غير المشبعة على تحويل لدائن البولى إستر إلى لدائن جامدة حراريا، أى أنها تصلب عند تسخينها وتصبح غير قابلة للذوبان أو الانصهار.

ويمكن زيادة مرونة الراتينج بإضافة أحماض مشبعة بنسبة قليلة مثل حمض أديبيك، والراتينجات الناتجة لا تعامل كما فى حالة راتينجات الألكيد بزيوت أخرى، أو بأحماض، وذلك لأنها تتصلب فى درجات الحرارة العادية دون الحاجة إلى استعمال الضغط، بشرط وجود عامل حافز يساعد على هذا التصلب مثل بعض فوق الأكاسيد العضوية.

وعـادة ما يتم إحـداث تصلب الراتـينج الناتج من هذا التكثف عند درجـة حرارة الغرفة بإضافـة فوق أكسيد إثيل مثيل كيتـون، أو بإضافة صابون فلزى مثل نفثينات الكوبلت، ويتم هذا التصلب فى وقت قصير نسبيا.

وهناك أنواع من راتينجـات البولى إسـتر التى يمـكن اشتـعالهـا إذا مسَّـها اللهب، ولكنهـا تنطفئ فى الحـال بمجرد إبعـاد اللهب عنهـا، ويمكن تسـميـتهـا بالراتينجات ذاتـية الانطفاء،ورغم قـابلية هذه الراتينجـات للاشتعـال إلا أنها تمنع انتشار الحرائق بمجرد إبعاد النار عنها.

وعادة مـا تضاف إلى هذه الراتينجـات مواد مـقاومة للاشـتعـال مثل بعض المركبات الهـالوجينية أو مثل أكـسيد الزرنيخـوز أو أكسيد الأنتيـمون. وفى بعض الأحيان يستعمل فى عمليـة التكثيف المكونة للراتينجات المذكورة، أحد الأحماض العـضويـة المقاومـة للحـريق مـثل حمـض سداسى كلورو ـ أنـدومثـيلين ـ تتـرا هدروفتاليك.

كذلك تزداد مقاومـة راتينجات البولى إستر لفعل الكيمـيائيات عندما يدخل فى تركيبها مركبات البسفينول Bisphenol بدلا من بعض وحدات الجليكول، وهى تتصف كذلك بمقاومتها للحرارة.

وكـثيـرا ما تضـاف إلى هذه البـوليمـرات بعض المواد المالئـة، مثل أليـاف الزجاج، أو الأسبستوس، أو ألياف القطن، وقد يضاف لها أحيانا مواد أخرى مثل الطفل أو الطباشير لزيادة صـلابتها ومقاومتها للصدمـات، والإقلال من تكلفتها، وعادة ما تضاف المادة المالئة قبل تصلب البوليمر.

وتستعمل لدائن البولى إستر المقـواة بألياف الزجاج أو الأسبستوس فى صنع الجدران الفاصلة فى بـعض المنازل، وهى تتميز بخفـة وزنها وبصلابتهـا وبقدرتها العاليـة على مقاومـة الصدمات، ولذلك تصنع منهـا بعض الأجزاء الخارجـية فى هياكل السـيارات، وهيـاكل بعض الزوارق الرياضية، كـما قد تصنـع منها بعض الأحواض وأحواض الاستحمام (البانيو)، وغيرها.

أما راتينجات البولى إستر اللدنة حراريا فتصنع بتكاثف جليكول الإثيلين مع حمض ترفتـاليك، وهى تشكل على هيئة حـبيبات صغـيرة يمكن استخـدامها فى صنع كثـير من الأدوات بطريق الصـب أوالبثق extrusion أو بتشكيلهـا على هيئة رقائق، واستخدامها فى صنع أنواع من الطلاء، ولكن أهم اسـتخداماتها يتركز فى صناعة بعض ألياف النسيج.

خيوط البولى إستر

تصنع خيوط البـولى إستر من الراتينج الناتج من تكاثف حـمض تريفتاليك مع جليكول الإثيلين. وعادة ما يستعمل فى هذا التفاعل إستر الحمض مع الكحول المثيلى، وهو تريفـثلات المثيل؛ وذلك لأن هذا الإسـتر يمكن الحصـول عليه على درجة عالية من النقاوة بتقطيره تحت ضغط مخفف.

$$HOOC-\langle\rangle-COOH + \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \longrightarrow \left[-OC-\langle\rangle-CO.OCH_2.CH_2.O- \right]_n + H_2O$$

ويتم تفاعل التكثـيف بمزج جزأين من جليكول الإثيلين بجزء من تـرفثلات المثيل فى وجـود عامل مساعد مـثل بعض أملاح القصدير، وتسـخين الخليط عند ٢٠٠°م، ثم ترفع درجة الحـرارة إلى نحو ٢٨٠°م مع تخفـيف الضغط الواقع على خليط التفـاعل للتخلص من الكحول المثـيلى الناتج من عملية التكثـيف، وكذلك للتخلص من جليكول الإثيلين الزائد عن حاجة التفاعل.

ويتم تفريغ الناتج بسـرعة حتى لاينحل بالحـرارة ويصب على هيئة صـفائح تبرد بالماء وتقطع إلى مكعبات صغيرة ويتم تجفيفها.

ويتم بعد ذلك صـهر البوليـمر الناتج بعيـدا عن أكسجـين الهواء، ثم يدفع المصهور خلال مـغزل دقيق الثقوب وتبرد بالهواء، ثم تلف الشـعيرات الناتجة على هيئة خيوط تمط بعد ذلك إلى خمسة أمثال طولها الأصلى.

وقد قامت شركة الصناعات الكيميائية الإمبراطورية (.I.C.I) الإنجليزية بصنع هذه الخـيوط وأطلقت على النسـيج الناتج منهـا اسم «تريلين» «Terylene»، وقد

استخدمت الخيوط الطويلة من التريلين فى صنع منسوجات مثل بدل الرجال وملابس النساء، كما صنعت منها الشباك والحبال وبعض الأحزمة، والخيام، واستخدمت كذلك فى صنع «التيلة» فى إطارات السيارات.

وتقطع الألياف الطويلة على هيئة ألياف قصيرة يتم غزلها بعد ذلك ليعطى نسيجا مشابها للصوف، استعمل كذلك فى صنع المعاطف وبدل الرجال، وأطلق عليه فى الولايات المتحدة اسم «داكرون» «Dacron».

وخيوط التريلين والداكرون لا تمتص الماء وتقاوم البلل ويمكن غسلها ثم تجفيفها فى الهواء ليتساقط منها الماء وهى عملية تعرف باسم «Drip Dry»، وهى لاتحتاج إلى كى، ولهذا يصنع منها كثير من الستائر والمفروشات.

راتينجات الإيبوكسى Epoxy Resins

أنتجت راتينجات الأيبوكسى على نطاق واسع بعد عام ١٩٥٠، عندما أصبح مركب إبيكلوروهدرين متوفرا كناتج ثانوى فى صناعة الجليسرين من غاز البروبيلين.

وتحضر راتينجات الأيبوكسى أساسا بتفاعل إبيكلوروهدرين مع بعض مركبات البسفينول المحتوية على مجموعتى هدروكسيل، والتى تحضر بتفاعل الفينول مع بعض الألدهيدات أو الكيتونات.

ويتكون إبيكلدروهدرين عند تفاعل غاز البروبيلين مع الكلور عند درجة حرارة ٥٠٠ مئوية، وينتج فى هذا التفاعل أولا كلوريد الآليل، الذى يحول بعد ذلك إلى كحول الآليل ثم إلى مركب ثنائى كلوروهدرين. ويتحول هذا المركب الأخير إلى إبيكلوروهدرين عند معاملته بأكسيد الكالسيوم.

$$CH_2 = CH.CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_2 = CH.CH_2Cl \longrightarrow \underset{\substack{|\\Cl}}{CH_2} - \underset{\substack{|\\Cl}}{CH}.CH_2OH$$

بروبيلين — كلوريد الآليل — ثنائى كلوروهدرين

$$\xrightarrow{CaO} \underset{\substack{|\\Cl}}{CH_2} - CH - CH_2 \quad (\text{CH–O–CH}_2 \text{ epoxide ring})$$

إبيكلوروهدرين

وأهم مركبات البسفينول المستخدمة فى تحضير راتينجات الإيبوكسى هو مركب «بسفينول » «Bisphenol A»، وهو يحضر بتفاعل الفينول مع الأسيتون حيث يرمز الحرف «A» إلى الأسيتون

$$2\,HO-\langle\bigcirc\rangle + \underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}=O \longrightarrow HO-\langle\bigcirc\rangle-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\langle\bigcirc\rangle-OH$$

فينول　　أسيتون　　بسيفول A

وعند تكثف إيبكلوروهدرين مع البسفينول (A) يتكون راتينج الأيبوكسى حيث تتكرر فيه الوحدات التالية الموضوعة بين القوسين عديدًا من المرات.

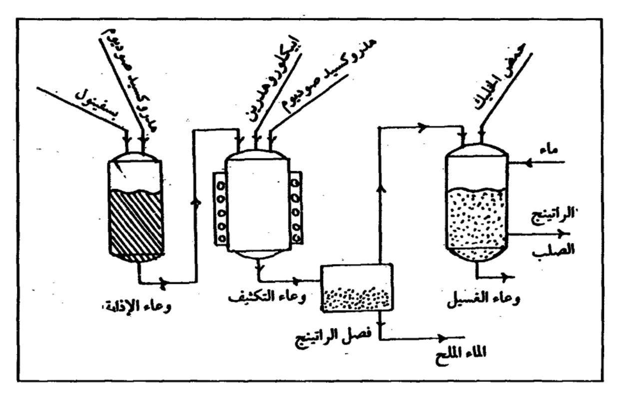
$$\underset{\diagdown O \diagup}{CH_2-CH_2}-CH\left[-O-\langle\bigcirc\rangle-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\langle\bigcirc\rangle-O-CH_2-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\right]_n O-\langle\bigcirc\rangle-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\langle\bigcirc\rangle-OH$$

راتينج الإيبوكسى

ويحضر راتينج الأيبوكسى صناعيا بإذابة البسفينول أولا فى محلول هدروكسيد الصوديوم يبلغ تركيزه نحو ١٠٪، ثم يرشح هذا المحلول، ويدفع بعد ذلك إلى جهاز التكثيف حيث يضاف إليه الأبيكلوروهدرين وقدر آخر من محلول هدروكسيد الصوديوم على دفعات.

وترفع درجة حرارة خليط التفاعل إلى نحو ١٠٠°م. وعند انتهاء عملية التكثيف ينفصل الراتينج المتكون عن المحلول المائى الذى يحتوى الآن على ملح كلوريد الصوديوم الناتج من عملية التكثيف.

ويسحب المحلول المائى ثم ينقل الراتينج إلى وعاء للغسيل حيث تعادل آثار القلوى المستخدم فى التفاعل بواسطة محلول مخفف من حمض الخليك لا يزيد تركيزه على ٨٪ تقريبا، ثم يغسل الراتينج بعد ذلك بالماء الساخن ويتم التخلص من الماء.



تحضير راتينج الإيبوكسى

ويختلف الوزن الجزيئى للراتينج باختلاف نسب كل من الإبيكلوروهدرين والبسفينول الداخلة فى التفاعل، وعندما يكون الوزن الجزيئى للراتينج صغيراً نسبيا أى أكثر قليلا من ٤٠٠، فإنه يكون سائلا أو على هيئة مادة لزجة. أما الراتينجات ذات الوزن الجزيئى الكبير الذى قد يصل إلي نحو ٣٠٠٠، فهى تكون صلبة وجامدة ولها لون أصفر ضارب إلى البنى.

وتحضر بعض راتينجات الإيبوكسى من مركبات حلقية اليفاتية، وهى عادة ما تكون منخفضة اللزوجة، ولكنها عندما تتحول إلى الشكل الشبكى ثلاثى الأبعاد نتيجة لوجود روابط تصالبية بين سلاسلها، تصبح مقاومتها للحرارة عالية تماما.

وكذلك هناك راتينجات إيبوكسى يطلق عليها اسم الراتينجات المعدلة، ويدخل فى تركيبها بعض الأحماض الدهنية طويلة السلسلة حيث تتفاعل مع مجموعات الهدروكسيل الموجودة بالراتينج. وقد تضاف إلى هذه الراتينجات بعض راتينجات الميلامين أو بعض السليكونات.

وراتينجات الإيبوكسى السائلة أو ذات اللزوجة القليلة، يمكن تحويلها إلى تركيب شبكى ثلاثى الأبعاد عند تكثيفها على البارد مع بعض البولى أمينات، مثل «داى إثيلين تراى أمين»، وهى عندئذ تتحول إلى شكل جامد شديد الصلابة.

وعادة ما تباع مثل هذه الراتينجات فى عبوتين منفصلتين، تحتوى إحداهما على الراتينج السائل أو قليل اللزوجة، وتحتوى الأخرى على البولى أمين الذى يعرف باسم «المصلد» «Hardner»، وعند خلط محتويات العبوتين معا يتحول الراتينج فى درجة حرارة الغرفة إلى جسم جامد وصلب.

أما راتينجات الإيبوكسى الأخرى، فهى تحتاج إلى خلطها مع بعض الأحماض العضوية أو مشتقاتها مثل أنهدريد حمض الماليك أو أنهدريد حمض الفثاليك، ثم تسخينها بعد ذلك فى درجة حرارة لا تزيد على ١٥٠°م.

ومن أهم خواص راتينجات الإيبوكسى قدرتها العالية على الالتصاق بالفلزات أو بالزجاج، وقد استعملت بعض هذه الراتينجات فى نقل صخور معبد أبى سمبل فى جمهورية مصر العربية.

كذلك تتميز هذه الراتينجات بعدم انكماشها عند تصلبها، وعدم تأثرها بالقلويات، كما أنها يمكن خلطها براتينجات أخرى، وتستخدم كذلك فى صنع الطلاء، وهى تعطى أغشية ذات مرونة عالية وتتصف بمقاومتها الجيدة لفعل المواد الكيميائية، وتستخدم أحيانا فى تثبيت بعض البوليمرات الأخرى مثل بوليمر بولى كلوريد الفاينيل PVC.

كذلك استعملت راتينجات الإيبوكسى فى تغطية السطح الداخلى لعلب حفظ الطعام، وصهاريج الجازولين فى السيارات، كما استعملت فى صنع الخزانات والأنابيب، وفى صنع أجسام الطائرات بعد خلطها بألياف الزجاج.

البولى كربونات Polycarbonates

يمكن اعتبار البولى كربونات على أنها من مجموعة راتينجات البولى إستر فهى تعد من إسترات حمض الكربونيك، وهى تحضر بتفاعل مركبات البسفينول

مع كلوريد الكربونيل المعروف باسم الفوسجين، وهو غاز سام استعمل فى الحرب العالمية الأولى.

والبسفينول الذى يغلب استعماله فى تحضير البولى كربونات، هو بسفينول (A) الناتج من تفاعل الفينول مع الإسيتون، وسبق ذكره عند تحضير راتينجات الإيبوكسى.

وينتج فى التفاعل حمض الهدوركلوريك، ولذلك تضاف مادة قلوية لمعادلة هذا الحمض وللمساعدة على إتمام التفاعل.

وتتم عملية التحضير بإذابة البسفينول فى محلول مخفف من هدروكسيد الصوديوم، ويراعى أن تكون كمية الهدروكسيد أكثر قليلا من الكمية النظرية التى تتطلبها معادلة التفاعل.

وبعد ترشيح المحلول، ينقل إلى وعاء التفاعل ثم يمرر فيه غاز الفوسجين الذى يتفاعل مع ملح الصوديوم للبسفينول ويتكون بوليمر البولى كربونات

$$Cl-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-Cl + NaO-\bigcirc-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-\bigcirc-ONa \longrightarrow$$

الفوسجين   ملح الصوديوم للبسفينول A

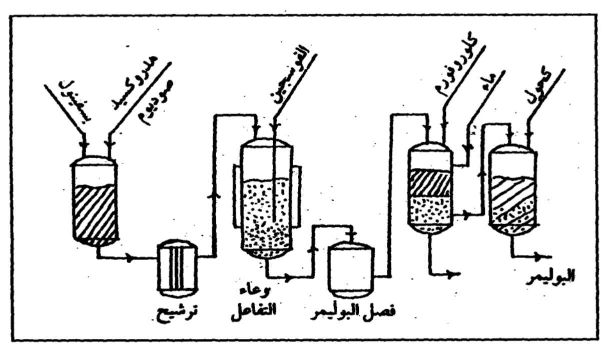
$$\left[-O-\bigcirc-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-\bigcirc-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\bigcirc-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-\bigcirc-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\right] + n\,NaCl$$

البولى كربونات

ويساعد هدروكسيد الصوديوم على معادلة حمض الهدروكلوريك كما أنه يتفاعل مع الزيادة من الفوسجين الذى لم يدخل فى التفاعل.

وتذاب البـولى كربونات الناتجـة بعد ذلك فى مـذيب مثل الكلـوروفورم أو كلوريد المثيلين، وهى مـذيبات لا تمتزج بالماء، ثم يغسل المحلول جـيدا بالماء حتى يتم التـخلص من آثار الـقلوى. وترسب البـولى كـربونات من المحلول بإضـافـة الكحول، وهى تنفصل منه عادة على هيئة بلورات ترشح ثم تجفف.

ويمكن اسـتخـدام قواعد عـضوية فى هذا الـتفاعل بـدلا من هدروكسـيد الصوديوم، مثـل البيريدين، ولكن إعادة استـخدام البيريدين فى تفـاعل تال يمثل مشكلة إلى حـد ما، حيث يتطلب الأمـر استعمـال هدروكسيد الصـوديوم لفصل البيـريدين من ملحه مع حمض الهـدروكلوريك، ثم تقطيره بعـد ذلك لفصله عن الماء.



الخطوات الرئيسية فى تحضير البولى كربونات

ويمكن تحضير البولى كربونات بطريقـة أخرى تعرف باسم «الأسترة المتبادلة» فيفاعل أولا الفينول المعتاد مـع غاز الفوسجين فى الوسط القلوى لتكوين كربونات ثنائى الفينيل، ثم يضاف إليها بعد ذلك مركب البسفينول (A)، فيتم التبادل بينهما حيث تتكون بولى كربونات البسفينول وينفصل الفينول مرة أخرى.

$$Cl-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-Cl + 2\,HO-C_6H_5 \longrightarrow O=C\begin{matrix} / O-C_6H_5 \\ \backslash O-C_6H_5 \end{matrix} \xrightarrow{\text{بسفينول}} \text{البولى كربونات}$$

كربونات ثنائى الفنيل

ويمكن فصل الفينول الناتج بهذه الطريقة بواسطة التقطير، ولكن هذه الطريقة تتضمن عدة صعوبات، منها صعوبة تفريغ البوليمر الناتج من وعاء التفاعل، حتى وهو ساخن لأنه يكون عالى اللزوجة.

وراتينج البولى كربونات من النوع اللدن حراريا، وهو عادة ينتج على هيئة حبيبات شفافة لا لون لها، أو قد تلون بألوان خاصة حسب الحاجة. وتعتمد لزوجة مصهور البولى كربونات على الوزن الجزيئى للبوليمر، وتحدد لزوجته طريقة استعماله، فالبوليمر منخفض اللزوجة يستعمل فى تحضير الأدوات عن طريق الصب فى قوالب، أما البوليمر عالى اللزوجة فيستخدم فى صنع الأدوات بطريقة البثق.

كذلك تستخدم محاليل البولى كربونات عالية اللزوجة فى مذيب مناسب مثل الكلوروفورم أو كلوريد المثيلين، فى صنع بعض الأفلام والأغشية الرقيقة أو الألواح.

وعادة ما تضاف إلى البولى كربونات مواد أخرى تساعد على ثباتها الحرارى، وقد تقوى بالألياف الزجاجية أو تضاف إليها بعض المواد التى تمنع احتراقها.

وهى تتميز بصفة عامة بمقاومتها العالية للحرارة وللصدمات، ولا تتأثر بتقلبات الجو، وتستعمل فى صنع بعض أجزاء السيارات والطائرات مثل لوحات القيادة بها، كما تستعمل فى صنع بعض الأدوات الطبية وبعض الأجهزة الكهربائية والإلكترونية. وقد تشكل على البارد بسحبها على درافيل.

البولى يوراثان Polyurethane

تحضر لدائن البـولى يوراثان على عدة أشكال، فمنها الـرغوى عالى المرونة مثل الأسفنج، ومنهـا الرغوى الأقل مرونة، ومنها أيضا غـير الرغوى الذى يصلح للصب أو البثق.

وتحضر لدائن البولى يوراثان عادة بتفاعل مركب يحتوى على مجموعتين أو أكثر من مجـموعات الأيزوسيانات مع مركب يحتـوى على ذرة هدروجين نشيطة كما فى الجليكولات أو غيرها من المركبات عديدة الهدروكسيل.

ومن أمثلة مركبـات الأيزوسيانات المستخدمة فى تحـضير هذه اللدائن المركب المعـروف باسم «ثنائى أيزوسيـانات الطولوين» «Toluenediisocyanate» ويرمز له بالرمز «TDI»، وهى الأحرف الأولى من اســمه باللغة الأجنبيـة، وكذلك مركب «ثنائى أيزوسيانات ثنائى فنيل الميثان»، ويرمز له بالرمز «MDI»

$$OCN-C_6H_4-CH_2-C_6H_4-NCO \qquad CH_3-C_6H_3(NCO)_2$$

ثنائى أيزوسيانات ثنائى فنيل الميثان　　　　ثنائى أيزوسيانات الطولوين

أما المركبات مـتعددة الهدروكسيل فعادة مـا يمثلها المركب الناتج من تفاعل الجليسرين مع أكسيد البروبيلين، ويعرف باسم «بولى أكسى بروبيلين ترايول»

$$\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix} + \underset{\diagdown O \diagup}{CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}}$$

أكسيد البروبيلين　جليسرين

$$\begin{matrix} CH_2-[O-CH2-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}]_n-OH \\ | \\ CH-[O\ CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}]_n-OH \\ | \\ CH_2-[O-CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}]_n-OH \end{matrix}$$

بولى أكسى بروبيلين ترايول

ويتم تحضير البولى يوراثان الرغوى، الذى يعرف باسم «الأسفنج الصناعى» بخلط البولى أكسى بروبيلين ترايول مع ثنائى أيزوسيانات الطولوين فى وجود الماء وبعض المواد الأخرى، مثل بيوتيل القصدير وثلاثى إيثلامين التى تعمل كمواد منشطة للتفاعل.

كذلك يضاف إلى الخليط مركب هالوجينى مثل ثلاثى كلوروفلوروميثان «CCl_3F» وهو سائل ذو درجة غليان منخفضة يبدأ فى التبخر عند بدء التفاعل، وهو يساعد على نفخ البولى يورثان الناتج وتكوين الرغوة.

وعادة ما يضاف إلى خليط التفاعل أحد مركبات السليكون، وذلك للتحكم فى لزوجة خليط التفاعل، ويساعد على تجانس خلايا الرغوة فى أثناء تكوينها.

وعند استخدام مركب ثنائى أيزوسيانات ثنائى فنيل الميثان فى هذا التفاعل، ينتج بولى يوراثان أقل مرونة، وفى غياب الماء ينتج بولى يوراثان غير رغوى.

وتحضر لدائن البولى يوراثان غير الرغوية على هيئة حبيبات تصلح للصب فى قوالب أو للبثق مثلها فى ذلك مثل اللدائن اللدنة حراريا، وهى تتصف بمقاومتها للزيوت والهدروكربونات الأليفاتية.

أما البولى يوراثان الرغوى المرن الذى يسمى بالأسفنج الصناعى فينتج عادة على هيئة ألواح مختلفة السمك، ومنها نوع يحضر بتفاعل الأيزوسيانات مع بولى إستر ويعرف باسم «اليوراثان الإسترى»، وهذا النوع يتميز بقوة شده ومتانته.

كذلك هناك نوع من البولى يوراثان يحضر بتفاعل الأيزوسيانات مع بولى إثير، ويعرف باسم «اليوراثان الإثيرى»، وهو يتميز بمرونته العالية.

وتستخدم هذه الرغويات المرنة فى التغليف وتكسية بعض المنسوجات وفى التنجيد، وفى صنع مقاعد السيارات والطائرات وفى غير ذلك من الأغراض.

أما رغوة البولى يوراثان الأقل مرونة، والتى يدخل فى تركيبها ثنائى أيزوسيانات ثنائى فنيل الميثان، فهى تصنع على هيئة كتل كبيرة الحجم، وتستعمل فى صناعة الجدران فى أعمال البناء الجاهز، كما تستعمل فى صناعة السيارات والثلاجات والأثاث وغيرها.

الباكلايت Bakelite

قام العالم البلجيكى «ليوبيكلاند» «Leo H. Baekeland» والمقيم بالولايات المتحدة، عام ١٩٠٥، بدراسة الراتينجات الناتجة من تفاعل الفينولات مع الألدهيدات والكيتونات، وتمكن نتيجة لهذه الدراسة من تحضير الباكلايت عام ١٩٠٧، وتم تصنيعه بعد ذلك عام ١٩١٠.

وقد استعملت بعض راتينجات الفينول فى ذلك الحين على هيئة لاكيهات وورنيشات، ولكن أول مسحوق استعمل فى الصب لم يظهر إلا فى نهاية عام ١٩١٦.

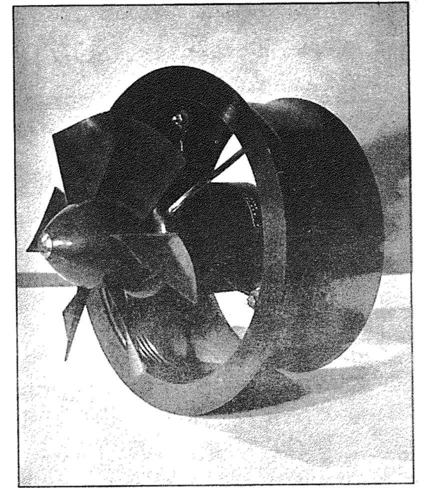
وعادة ما يستعمل الفينول فى تحضير هذه الراتينجات، وإن كانت فينولات أخرى مثل الكريزول أو الريزورسينول قد استعملت بتكثيفها مع الفورمالدهيد وبصفة عامة يعتمد ناتج التفاعل على نسب المواد المتفاعلة، وعلى درجة الحرارة، وعلى نوع العامل المساعد المستخدم فى عملية التكثيف.

ويتم التفاعل أولا بين الفينول والفورمالدهيد لتكوين كحول الساليسيل على الأغلب، الذى يتكاثف بعد ذلك مع نفسه بفقد جزىء من الماء لتكوين ناتج له صفات الراتينج وتتكرر فيه الوحدات على طول السلسلة.

OH
+ CH_2O →
OH CH_2OH
كحول الساليسيل
+ OH CH_2OH →

[OH CH_2 OH]$_n$ CH_2OH

أدوات مصنوعة من الألياف الزجاجية



وفى وجود مـزيد من الفورمـالدهيد أو أى مادة تعطى الفـورمالدهيـد مثل الهكسامثيـلين تترامين يتحول الراتينج بالضغط والحـرارة إلى تركيب شبكى ثلاثى الأبعاد أى يصبح جامدا حراريا ولا يتأثر بالحرارة أو بالماء أو المذيبات.

$$
\begin{array}{ccc}
OH & OH & OH \\
\text{Ar}-CH_2- & \text{Ar}-CH_2- & \text{Ar}-CH_2- \\
| & | & | \\
CH_2 & CH_2 & CH_2 \\
| & | & | \\
\text{Ar}-CH_2- & \text{Ar}-CH_2- & \text{Ar}-CH_2- \\
OH & OH & OH
\end{array}
$$

وعند استـخدام عامل مساعـد قلوى فى عملية التكثـيف ينتج راتينج يعرف باسم «الريزول» «Resol» وهو يتحـول إلى تركيب شبكى بالضـغط والحرارة دون الحاجة إلى إضافة مواد أخرى.

أما عـند استـخدام عـامل مسـاعد حـمضى، فـيتكون راتينج يعـرف باسم «النوفولاك» «Novolak» يذوب فى الكحولات وفى الإسترات، وهو لدن حراريا ولا يتـحـول إلى شكل شـبكى وحـده بالحـرارة، ولكن يلزم إضـافـة مـزيد من الفورمالدهيد أو بعض الهكسامثيلين تترامين لتحويله إلى مادة جامدة حراريا.

ويتم التفـاعل بخلط الفينول مع محلول الفـورمالدهيد فى الماء (الفـورمالين وتركـيزه ٣٧ ـ ٤٠٪)، فى أوعـيـة من الصلب الذى لا يصـدأ أو فى أوعيـة من النحـاس أو النيكل أو حديد الـزهر، ثم يسخن خليط الـتفـاعل ويضاف العـامل المساعد على التكثيف الذى يكون قاعدة مـثل النشادر أو هدروكسيد الصوديوم، أو قد يكون حمضا مثل حمض الكبريتيك أو حمض الأوكساليك.

وترفع درجة حرارة الخليط إلى ١٠٠ْم، ويستمـر التسخين عند هذه الدرجة حتى تصل نسبـة التكثيف إلى الدرجة المطلوبة، وعادة ما تصل مدة الـتسخين إلى

نحو ساعة فى وجود القواعد، ولكنها تحتاج إلى وقت أطول فى وجود الأحماض، وقد يحتاج الأمر إلى إجراء التكثيف تحت الضغط.

ويتكون ناتج التفاعل من راتينج شبه سائل وبعض الماء، ويبرد هذا المزيج إلى نحو ٦٠°م ثم تسحب طبقة الماء إما بطرق ميكانيكية أو عن طريق التقطير تحت ضغط مخلخل.

وراتينج الريزول المتكون فى وجود قاعدة يتجمد عند نحو ١٠٠°م ولذلك يجب سحب الراتينج من وعاء التكثيف بسرعة قبل أن يجمد، وصبه فى صوانى خاصة، أو يضاف إليه الكحول لتكوين ورنيشات ومواد لاصقة تستعمل فى صنع اللدائن الرقائقية وغيرها.

أما راتينج النوفولاك المتكون فى وجود حمض، فيمكن تسخينه إلى أعلى من ١٠٠°م دون أن يتجمد، ولكن درجة ليونته تزداد تدريجيا بالحرارة وعند الوصول إلى الدرجة المناسبة يصب الراتينج على صوانى خاصة ويترك ليتجمد.

وتتضمن الخطوة التالية طحن الراتينج إلى مسحوق متجانس الحبيبات وخلطه بإحدى المواد المالئة مثل مسحوق الخشب، وقد تصل نسبة المادة المالئة إلى نحو ٥٠٪ من وزن الراتينج، وعند هذه الخطوة تضاف المواد التى تعجل تكوين الشكل الشبكى مثل الهكسا مثيلين تترامين وبعض المواد المساعدة الأخرى مثل ستيارات الكالسيوم، كما تضاف فى هذه المرحلة المواد الملونة أو الأصباغ.

ويجب خلط هذه المكونات معا بصورة جيدة، ويتم ذلك عادة بواسطة سلندرات تدور حول محورها، والغرض من مثل هذه العملية بجانب إحكام خلط مكونات الخليط، هو إحداث بعض التعديل فى تركيب الراتينج «Curing».

وفى نهاية هذه العملية يتحول الخليط السابق إلى شريحة سميكة يعاد طحنها مرة أخرى إلى مسحوق متجانس الحبيبات، يصبح صالحا لعمليات الكبس والصب فى قوالب.

والمواد المالئة قد تكون على هيئة خيوط من الأسبستوس أو خيوط من سليولوز القطن أو مسحوق بعض المعادن، وهى تزيد من الصلابة الميكانيكية للأدوات المصنوعة من هذه الراتينجات مثل أجهزة التليفون وكبائن الراديو والتلفزيون وبعض الأجهزة الكهربائية الأخرى.

وتستخدم راتينجات الريزول فى صنع الخشب الرقائقى وكذلك فى صنع الخشب المضغوط، كما تستعمل كمادة رابطة للرمل عند صب الفولاذ.

وتستعمل كذلك راتينجات الفينول ـ فورمالدهيد فى صنع أنواع من الطلاء، وفى هذه الحالة يحتوى الفينول المستخدم على مجموعة ألكيل فى الحلقة الأروماتية، ومن أمثلة ذلك بيوتيل الفينول أو أميل الفينول.

وما يعيب هذه الراتنجات هو لونها الأدكن، فهى عادة ما تكون بنية أو سوداء اللون، ومع ذلك يمكن تلوينها بألوان دكناء مثل الأحمر أو الأخضر بإضافة أنواع الخضاب المناسبة.

السليكونات Silicones

جاء التقدم فى مجال بوليمرات السليكونات نتيجة لجهود علماء شركتين أمريكيتين هما شركة «كورننج» لصناعة الزجاج، وشركة «جنرال إلكتريك»، وذلك فى خلال عام ١٩٣٠، وفى أثناء بحثهم عن مواد جديدة لها قدرة الزجاج على العزل بالإضافة إلى مرونة اللدائن.

وتختلف مركبات السليكون العضوية عن مثيلاتها غير العضوية، فى أن ذرات السليكون فى المركبات غير العضوية مثل الزجاج، ترتبط عادة بذرة فلز من خلال إحدى ذرات الأكسجين، ولكن بوليمرات السليكون تتميز بأن ذرات السليكون فيها يتصل بعضها ببعض من خلال ذرات الأكسجين بالإضافة إلى اتصالها ببعض المجموعات العضوية مثل مجموعات الألكيل أو مجموعات الأريل.

وهذه البوليمرات الناتجة من ألكيلات السليكون، مثل مثيل سليكون، لا توجد بها روابط كيميائية بين ذرات الكربون، ولهذا فهى تتحمل الحرارة العالية

ولا تنحل بهـا، لأن الانحـلال عـادة يبـدأ بكسـر الروابط الـتى تصل بين ذرات الكربون. وتتـحمل بعض هذه السليكونات التـسخين عـند ٢٠٠ْم لمدة عدة أيام، وعند ٥٥٠ْم فى الفراغ دون أن تنحل.

وتحضر حـاليا هذه السليكونات من مركـبات بسيطة للسليكون تحـتوى على مجمـوعات عضوية، وكـذلك على بعض ذرات الهالوجين، ومن أمثلتـها «ألكيل ثلاثى كلوروسيلان» $[R\text{-}SiCl_3]$، و«ثنائى ألكيل ثنـائى كلوروسيـلان» $[R_2SiCl_2]$ حيث R تساوى مجموعة مثيل أو مجموعة فنيل.

وعند تفاعل هذه المواد مع الماء تعطى بولـيمرات تتتابع فى سـلاسلها ذرات السـليكـون والأكسـجيـن، وتـتـصل بذرات السليكون فـيـهـا المجـمـوعـات العضـويـة [R].

وفى حـالة ثنائى ألكيـل ثنائى كلوروسـيـلان يتكون بوليـمـر يعـرف باسم «سيلوكزان» «Siloxane» وهو بوليمـر خطى تترتب فيه الذرات على هيـئة سلسلة مستقيمة

```
          R                    R      R      R
          |                 ┌  |      |      |  ┐
HOH + Cl - SI - Cl  ───→  ─ O - Si - O - Si - O - Si ─
          |                    |      |      |
          R                 └  R      R      R  ┘
```

أما فى حالـة ألكيل ثلاثى كلوروسيلان فيـتكون سيلوكزان شبكى الـتركيب وثلاثى الأبعاد

```
     |         |
     O    R    O
     |    |    |
R - Si - O - Si - O - Si - R
     |    |    |
     O    O    O
     |    |    |
R - Si - O - Si - O - Si - R
     |    |    |
     O    R    O
     |         |
```

ويمكن أن يتكون بوليمر السليكون من خليط من كل من ألكيل ثلاثى كلوروسيلان، وثنائى ألكيل كلوروسيلان، وتتكون فى هذه الحالة أنواع مختلفة من بوليمرات السليكون بتغيير نسب كل من المادتين الداخلتين فى التفاعل.

وعند إضافة مركب من مركبات السليكون به مجموعة هدروكسيل واحدة مثل «هدروكسى ثلاثى مثيل السيلان» $[Si(CH_3)_3OH]$، فإن هذه المجموعة تتحد مع طرف سلسلة بوليمر السليكون وتوقف عملية البلمرة، ولهذا يسمى مثل هذا المركب «Chain Stopper».

وتوجد بوليمرات السليكون على ثلاثة أشكال، أحدها يطلق عليه موائع السليكون، وهى سوائل فى درجات الحرارة العادية، وبعضها يكون مرنا ويعرف باسم مطاط السليكون، وهو من الإيلاستومرات، أما النوع الثالث فهو راتينج السليكون.

موائع السليكون Silicon Fluids

لاتعتبر هذه المركبات بوليمرات بالمعنى المتعارف عليه، ففى أغلب الحالات يكون وزنها الجزيئى صغيرا، وتقف عملية البلمرة عند الوصول إلى ما يسمى «تترامر» «Tetramer»، أى أن سلسلة الجزىء تنتج من تفاعل أربعة جزيئات من المونومر، وقد تزيد على ذلك قليلا فى بعض الأحيان.

وتحضر موائع السليكون من مركبات الكلوروسيلان بتقليبها فى الماء بتركيز محدود، وهى تستعمل فى تكوين مزلقات تتحمل درجات الحرارة العالية كما تستعمل فى عمليات التلميع والصقل بإضافتها إلى الشمع، وهى تساعد على تكوين فيلم متجانس يحمى السطح من الماء والأوساخ أكثر من الشمع عند استعماله وحده.

كذلك استعملت موائع السليكون فى عمليات الصب المختلفة، مثل عمليات صب إطارات السيارات أو بعض أنواع اللدائن، وذلك بطلاء السطح الداخلى للقوالب بطبقة رقيقة منها مما يساعد على عدم التصاق هذه الأدوات بالقوالب فى أثناء صبها كما يسهل عملية إخراجها من القوالب.

وتتم هذه العملية عادة بتحضير مستحلب من مائع السليكون فى الماء ورشه على السطح الداخلى للقالب.

وتستعمل أيضا بعض هذه الموائع فى تحضير بعض أنواع الطلاء وهى تضاف أثناء عمليات طحن وخلط الخضاب، وتعطى لمعة جيدة لطبقة الطلاء كما تجعل هذه الطبقة أكثر تماسكا وتمنع تشققها بالحرارة.

كذلك استعملت بعض موائع السليكون فى تجهيز أنواع من المنسوجات، وهى تجعلها صامدة للماء، كما استعمل بعضها فى معاملة الجلود فى أثناء دباغتها لحمايتها من الماء.

مطاط السليكون Silicone Rubbers

يتكون مطاط السليكون من سلاسل طويلة تتتابع فيها ذرات السليكون والأكسجين، ويمكن تقويتها بإضافة بعض المواد المالئة مثل السليكا.

ولا يفقد مطاط السليكون مرونته فى درجات الحرارة المنخفضة، وهو يتميز بذلك على المطاط العادى الذى يتحول عند هذه الدرجات المنخفضة إلى جسم جامد كى يصبح هشا. كذلك يبقى مطاط السليكون مرنا عند درجات الحرارة العالية بخلاف المطاط العادى الذى يفقد مرونته إلى الأبد عند تعرضه لدرجات الحرارة العالية.

وقد صنع مطاط جيد الارتداد بتسخين ثنائى مثيل السليكون مع بعض مركبات البورون، وخلطه بعد ذلك ببعض المواد المالئة. وهذا النوع من المطاط يتصف بليونته إلى حد أنه يمكن تشكيله بضغط اليد، ولكنه يرتد بقوة عند ارتطامه بسطح جامد، ولذلك استخدم فى صنع لب كرات الجولف.

ويمكن تحسين صفات الأنواع المعتادة من مطاط السليكون بإضافة بعض أنواع البوليمرات الفلورينية مثل التفلون، فتزداد بذلك مقاومته لفعل الزيوت كما تزداد مقاومته للتمزق، وتستعمل بعض هذه الأنواع فى صنع بعض مكونات الطائرات مثل الجوانات المستخدمة فى إحكام قفل الفتحات وفى عمليات العزل ونقل الهواء الساخن أو إزالة الثلوج.

كذلك استخدمت بعض هذه الأنواع فى بعض الأغراض الطبية مثل صنع الأنابيب المستخدمة فى نقل الدم وغيرها.

راتينجات السليكون Silicone Resins

يحتوى بوليمر راتينج السليكون الجامد على عدد أقل من المجموعات العضوية بالنسبة لذرات السليكون، وتستخدم هذه الراتينجات كمواد عازلة وهى تتحمل درجات الحرارة العالية وتتميز بأنها صامدة للماء.

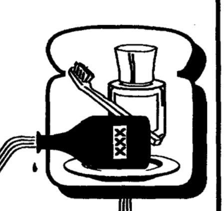
ويمكن استخدام هذه الراتينجات فى طلاء السطوح الداخلية للقوالب مثلها فى ذلك مثل موائع السليكون، وهى تمنع التصاق المادة المصبوبة بسطح القالب ولا تتأثر بتكرار عملية الصب، وقد أمكن صب القصدير فى إحدى العمليات نحو مائتى مرة دون أن يتأثر راتينج السليكون المستخدم فى تغطية باطن القالب.

وقد استخدمت راتينجات السليكون فى تغطية الأحجار والجدران لجعلها صامدة للماء، وهى تخلط لهذا الغرض ببعض الراتينجات العضوية ثم تسخن إلى نحو ٢٥٠ْم.



الفصل الرابع

اتجاهات جديدة
فى صناعة اللدائن والراتينجات



بوليمرات جيدة التوصيل للكهرباء

بوليمرات ثابتة حراريا

بوليمرات حساسة للضوء

أغشية حساسة من البوليمرات

اتجاهات جديدة فى صناعة اللدائن والراتينجات

منذ بدء التاريخ، استعمل الإنسان فى حياته اليومية بعض المواد فى صنع بعض ما يحتاجه من أدوات، وعندما استعمل الإنسان الأحجار فى صنع هذه الأدوات وصف ذلك العصر بأنه العصر الحجرى، وعندما استعمل البرونز وصف العصر بأنه عصر البرونز. ويقال اليوم أننا فى عصر اللدائن أو البلاستك، حيث يقدر حاليا أن كل فرد من سكان العالم يستهلك سنويا ما لا يقل عن خمسة عشر كيلوجراما من اللدائن والمواد المرنة فى شتى الصور والأشكال.

ولم يكن الناس يعرفون شيئا عن طبيعة هذه اللدائن عندما تحدث عنها لأول مرة العالم الألمانى «هرمان شتاودنجر» «H.Staudinger» عام ١٩٢٢، ولكن معلومات الإنسان عن هذه اللدائن وصفاتها ومختلف استعمالاتها قد تقدمت كثيرا فى السنوات الأخيرة من هذا القرن، وأصبح الإنسان قادرا على تحضير أنواع مبتكرة من اللدائن والراتينجات التى تتعدد خواصها ويمكن استعمالها فى كل مجال على وجه التقريب.

وقد أدى التطور الذى شهدته صناعة اللدائن والبوليمرات، إلى عدم الاقتصار على دراسة خواص المنتج النهائى واستعمالاته، بل شملت هذه الدراسة كذلك الوحدات الجزيئية أو المونومرات التى تصنع منها هذه البوليمرات، وبذلك تم ابتكار أنواع جديدة من اللدائن والبوليمرات، خلاف الأنواع الأساسية التى ذكرناها من قبل، واستخدمت فى أغراض أخرى تتفق مع الخواص الجديدة لكل منها.

ويتم حاليا صناعة أعداد كبيرة من هذه البوليمرات الجديدة، ومن أمثلتها بوليمر «بولى فنيلين سلفايد» الذى يتميز بقدرته العالية على العزل الكهربائى، ولذلك استخدم فى صنع بعض المعدات الكهربائية وبعض الأجهزة الإلكترونية وغيرها.

$$\left[-C_6H_4-C(CH_3)_2-C_6H_4-O-C_6H_4-SO_2-C_6H_4- \right]_n \qquad \left[-C_6H_4-S- \right]_n$$

بولى إثير سلفون — بولى فنيلين سلفايد

كذلك أنتجت شركة الصناعات الكيميائية الإمبراطورية (ICI) عام ١٩٧٢ بوليمر «بولى إثير سلفون» على هيئة حبيبات يمكن صهرها وحقنها أو ضغطها فى قوالب، وهذا البوليمر ذو ثبات حرارى عال، وله خواص ميكانيكية جيدة وقوة عزل عالية.

وقد أنتجت شركة ديبون الأمريكية عام ١٩٧٣ بوليمر «بولى فنيلين تريفثالاميد»، وسمى تجاريا باسم «كفلار» «Kevlar»، وصنعت منه ألياف تتحمل قوة شد كبيرة، واستعمل فى تقوية إطارات السيارات والطائرات.

كذلك أنتجت شركة ديبون بوليمر مشتركا من بولى تترافلوروإثيلين وبولى هكسا فلوروبروبيلين، وهو بوليمر يتصف بصفاته العازلة العالية، ولذلك استخدم فى صنع كثير من المعدات الكهربائية والإلكترونية.

بوليمرات جيدة التوصيل للكهرباء

وقد أنتجت أخيرا أنواع من البوليمرات جيدة التوصيل للكهرباء ومن أمثلتها بوليمر «بولى أسيتلين» الذى تزدوج فيه الرباطات الثنائية على طول سلسلة البوليمر، وترجع خواص التوصيل الكهربائى فى هذا البوليمر إلى الرنين الإلكترونى بين الروابط الثنائية، أى إلى عدم محلية الإلكترونات «delocalization»، وهو يوجد على هيئتين، «سس»، «ترانس» ويجب أن تكون ذرات الكربون على نفس المستوى حتى لا يكون هناك عائق لانتقال الإلكترونات.

ترانس بولى اسيتلين

وعادة ما يحتوى هذا البوليمر على عوامل تساعد على انتقال الإلكترونات وزيادة قدرة البوليمر على توصيل الكهرباء، وتسمى هذه العملية «Doping» ومن أمثلة هذه العوامل خامس فلوريد الزرنيخ «AsF5» الذى يزيد من قدرة البولى اسيتلين على توصيل الكهرباء بمقدار عشر مرات، ويجعل هذا البوليمر مماثلا للفلزات فى توصيلها للكهرباء.

وهناك أنواع أخرى من البوليمرات الجديدة التى توصل الكهرباء مثل بوليمر «البولى أنيلين»، وبوليمر «البولى ثيوفين» وكذلك بوليمر «بولى إثير ترايفنيلين»، وهذه الأخيرة تحتاج إلى عامل يساعدعلى زيادة التوصيل الكهربائى (A^-).

بولى ثيوفين

بولى أنيلين

بوليمرات ثابتة حراريا

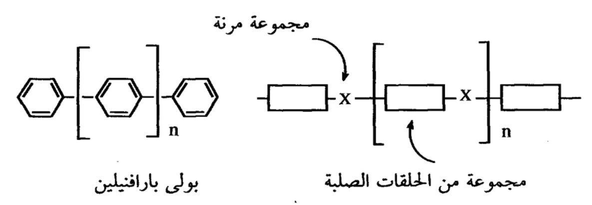
وقد أنتجت مؤخرا بعض البوليمرات التى تتحمل درجات الحرارة العالية، وتوصف هذه البوليمرات بأنها بوليمرات «ثابتة حراريا» «Thermostable» وهى بوليمرات مطلوبة فى بعض الصناعات الإلكترونية وصناعات سفن الفضاء والصواريخ.

وعادة ما تستخدم أغلب أنواع اللدائن والراتينجات فى درجات حرارة لا تزيد على ١٠٠ °م، ولكن بعض المعدات والتجهيزات قد تعمل عند درجات حرارة أعلى من ذلك، ولذلك فإن الأمر يتطلب ابتكار أنواع جديدة من هذه اللدائن تتحمل مثل هذه الحرارة العالية مع احتفاظها بخواصها وبصفاتها الميكانيكية دون تغيير.

وقد تبين من كثير من البحوث والدراسات أن بعض هذه البوليمرات يمكن أن يحتفظ بخواصه دون تغيير لمدة عدة دقائق عند ٦٠٠°م، ولمدة عدة ساعات عند ٤٠٠°م، ولأكثر من ١٠٠٠ ساعة عند ٣٠٠°م، كما أنه يبقى ثابتا لمدة ٣٠,٠٠٠ ساعة عند ٢٢٠°م.

وهذه البوليمرات الثابتة حراريا، صعبة التحضير بصفة عامة، وقد دلت مختلف البحوث الخاصة بهذه البوليمرات على أن البوليمر الثابت حراريا يجب أن يتكون من مونومر يحتوى على عديد من حلقات البنزين الأروماتية، فهذه الحلقات هى التى تعطيه الثبات الحرارى المطلوب بالإضافة إلى منحه المتانة اللازمة.

وأفضل البوليمرات التى من هذا النوع هو بوليمر «بولى بارافينيلين» الذى يتكون باتصال حلقات البنزين واحدة وراء الأخرى، ولكن هذا البوليمر صعب التحضير وشديد الصلابة وغير لدن حراريا.



وقد أمكن صنع بعض اللدائن الثابتة حراريا ولها خواص لدنة حراريا بإدخال بعض المجموعات التى تعطيها نوعا من المرونة بين الحلقات الجامدة كما فى الشكل السابق، ويؤدى هذا إلى الإخلال بنظام السلاسل الجامد وزيادة مرونتها، وبذلك تم التغلب على صلابتها الفائقة وعدم ذوبانها فى المذيبات العضوية، وأيضا التغلب على صعوبة صهرها مما يجعل تشكيلها بالحقن أوعلى هيئة أفلام متيسرا إلى حد ما.

وأغلب هذه البوليمرات التى لها ثبات حرارى جيد تصنع من مركبات حلقية بها ذرة أخرى خلاف الكربون، مثل ذرة أكسجين أو ذرة كبريت أو ذرة نتروجين.

وقد بدأ تصنيع هذه البوليمرات عام ١٩٦٠، ومن أمثلتها «بولى إثيركيتون» الذى أنتجته شركة الصناعات الكيميائية البريطانية (ICI) عام ١٩٦٢ تحت اسم «PEEK»، وهو ينصهر عند ٣٣٤°م.

كذلك أنتجت شركة فيلبس للبترول «بولى فنيلين دايسلفايد» تحت اسم PPS، وهو ينصهر عند ٢٨٧°م.

بولى فنيلين دايسلفايد

بولى إثيركيتون

ويمكن تحضير بعض هذه البوليمرات الثابتة حراريا من «أوليجومرات» بها عدد صغير من الوحدات المتكررة حيث لا يزيد فيها عدد هذه الوحدات (n) على عشر وحدات، مثل «بولى بنزوكزازول» و «بولى بنزيميدازول».

PPS

PEEK

بولى بنزيميدازول

بولى بنزوكزازول

وقد استعملت بعض هذه البوليمرات وغيرها على هيئة طلاء (ورنيش) لعزل أسلاك النحاس فى ملفات المحركات الكهربائية التى قد تتعرض لحرارة عالية فى أثناء تشغيلها.

كذلك استخدمت بوليمرات من هذا النوع بواسطة هيئة الفضاء الأمريكية (NASA) كمواد لاصقة، وفى صنع بعض أجزاء فى سفن الفضاء وبعض المعدات الإلكترونية التى تعمل عند درجات الحرارة العالية.

وهناك أنواع أخرى عديدة من هذه البوليمرات الثابتة حراريا والتى يتم استخدامها حاليا فى كثير من المجالات، ولكن لا يتسع المجال هنا لذكرها.

بوليمرات حساسة للضوء

تبين أن بعض البوليمرات التى تحتوى سلاسلها على رباطات ثنائية مزدوجة، تتصف بحساسيتها لأشعة الضوء، ومن أمثلتها بوليمر البولى بنزيميدازول سابق الذكر، واسمه الحقيقى «p-Phenylenebenzobisimidazole» وكذلك بوليمر «بولى داى أسيتلين» ويسمح ازدواج الرباطات الثنائية بجزيئاتها بعملية الرنين الإلكترونى وبعدم محلية الإلكترونات المكونة لها.

وعندما يصطدم شعاع من الضوء له طول موجى محدد بزاوية معينة، فهو يثير الإلكترونات عديمة المحلية، وبذلك تتغير استجابتها لحزمة أخرى من الضوء.

أغشية حساسة من البوليمرات

أمكن صناعة أغشية دقيقة من بعض البوليمرات تحتوى على عديد من الثقوب أوالمسام. وفى حقيقة الأمر، فإن هذه المسام ما هى إلا تمزقات دقيقة «Microtears» على هيئة شقوق صغيرة جدا تنشأ فى غشاء البوليمر عند مطه.

وقد استعملت بعض هذه الأغشية فى عمليات الترشيح الفائق «Ultrafiltration»، وبعضها لا يسمح بمرور الماء لأن الغشاء مصنوع من بوليمر به مجموعات كارهة للماء، وبعضها الآخر يسمح بمرور السوائل والغازات.

وقد استعملت بعض هذه الأغشية فى صنع الملابس الصامدة للماء، وفى الأجهزة التى تدفع الأكسجين فى الدم، وفى عمليات الديلزة الكهربائية، كما استعمل بعضها فى إزالة ملوحة مياه البحر.

وهناك بعض الأغشية المصنعة من بوليمرات بها مجموعات تحمل شحنات كهربائية، أو مجموعات تمنح الإلكترونات أو تقبلها، وفى هذه الحالة فإن إضافة الماء إلى هذه الأغشية يتسبب فى إبعاد سلاسل البوليمر بعضها عن بعض لتخفيض

التنافر بين هذه المجموعات، وبذلك فإن مثل هذه الأغشية يمكن لها أن تتمدد وتنكمش بتأثير الحرارة أو باختلاف تركيز أيون الهدروجين فى الوسط المحيط بها.

ومن أمثلة هذه الأغشية الأغشية المصنوعة من بوليمر «بولى أيزوبربيل أكريلاميد» وكذلك بوليمر «بولى مثيل فاينيل أثير»، وهى تستجيب إلى التغير فى تركيز أيون الهدروجين وتنكمش إلى نحو ٣٠٪ من حجمها الأصلى.

ونظرا لاستجابة هذه البوليمرات المرنة للظروف المحيطة بها فقد أطلق عليها اسم «الهلاميات الذكية» «Inteligent Gels» وتدور البحوث الآن حول محاولة وضع مثل هذه البوليمرات فى جسم الإنسان وهى تحمل أنواعا من الدواء، وهى لا تطلق هذا الدواء إلا عندما تتغير الظروف المحيطة بها.

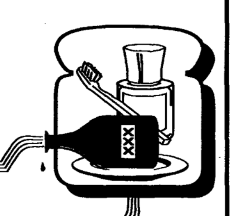
ومن أمثلة ذلك تحميل هذه البوليمرات ببعض الأدوية الحساسة للحموضة، فهى تنكمش فى الوسط الحمضى للمعدة فتسد مسامها وتمنع إطلاق هذه الأدوية، وعندما تنزل إلى الأمعاء حيث الحموضة أقل من حموضة المعدة، ينبسط البوليمر ويصبح منفذا، فينطلق منه الدواء فى مكانه المناسب.

وهناك بوليمرات هلامية تطلق الأنسولين عند مرور التيار الكهربائى بها ـ وهو تيار كهربائى ضعيف ـ ويتوقف جريان الأنسولين منها عند انقطاع التيار. وتشبه هذه البوليمرات الهلامية الأنسجة التى تتكون منها العضلات فى جسم الإنسان.



الفصل الخامس

طرق تشكيل المعادن



- طريقة الكبس فى قوالب
- طريقة الحقن
- طريقة الصب
- طريقة البثق
- طريقة النفخ
- اللدائن الرقائقية
- الأفلام والشرائح



طرق تشكيل اللدائن

تتعدد طرق تشكيل اللدائن فى الصناعة، وبعض هذه الطرق يعتمد على نوع الراتينج المستخدم فى التشكيل، وبعضها يعتمد على نوع الأداة المطلوب تشكليها.

وأهم الطرق المستخدمة فى تشكيل اللدائن هى طريقة الكبس فى قوالب، وطريقة الحقن، وطريقة الصب، وطريقة البثق، وطريقة النفخ، ثم طريقة تكوين اللدائن الرقائقية وطريقة تكوين الأغشية والأفلام، ويمكن تلخيص كل من هذه الطرق فيما يلى:

طريقة الكبس فى قوالب Compresion Moulding

يتم تشكيل اللدائن فى هذه الطريقة بتسخينها وضغطها فى قوالب خاصة موضوعة بين فكى مكبس هدروليكى.

وتصنع القوالب عادة من نوع من الصلب المقسى، وهى تصنع عادة بدقة تامة بحيث لا يتبقى بين نصفى القالب العلوى والسفلى، عند جمعهما معا، إلا الفراغ الذى يشبه شكل الأداة المطلوبة تماما.

ويتم التحكم فى وضع القالب بواسطة قضيبين على جانبى النصف العلوى للقالب، يدخلان فى تجويفين بالنصف السفلى للقالب، وبذلك يعمل كل منهما كدليل لضبط عملية الكبس. كذلك يوجد بالنصف السفلى للقالب عمود آخر يعرف باسم قضيب الطرد، وهو يساعد على إخراج الأداة بعد كبسها من القالب (شكل ١).

ويوزن عادة قدر محسوب من المادة اللدنة على هيئة مسحوق أو على هيئة حبيبات صغيرة، ثم توضع فى النصف السفلى للقالب المسخن إلى نحو ١٥٠ - ١٨٠°م، تبعا لنوع البوليمر المستخدم، ثم تضغط بإنزال النصف العلوى للمكبس فتتكون الأداة المطلوبة.

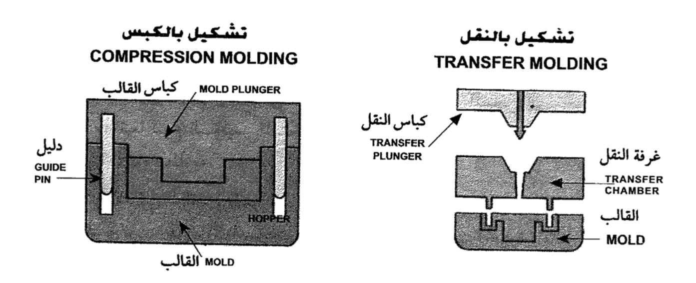
وإذا كان الراتينج (البوليمر) المستخدم من النوع اللدن حراريا، لا يمكن فتح القالب وهو ساخن وإلا انصهرت الأداة مرة أخرى بسبب الحرارة العالية للقالب، ولذلك يجب أن يبرد القالب بحيث تقل درجة حرارته عن درجة ليونة البوليمر المستخدم، ثم يفتح بعد ذلك.

أما فى حـالة البوليمرات الجـامدة حراريا، فيـمكن فتح القالب بعد انـتهاء الكبس مباشـرة، حيث إن البوليمر يكـون قد تحول إلى التركيب الشـبكى الجامد، ولهذا فإن هذه الطريقة تعتبر اقتصادية تماما عند تشكيل اللدائن الجامدة حراريا مثل الباكلايت واليوريا والميلامين، فـلا يضيع الوقت فى هذه الحالات فى تبريد القالب قبل فتحه، وخاصة أن الزمن اللازم لتصلب هذه البـوليمرات قصير جدا، ويتراوح بين عدة ثوان وبين عدة دقائق تبعا لسمك الأداة الناتجة.

والأدوات التى تشكل بهذه الطريقة تكون لها حـروف دائرية عادة مثل كبائن الراديو والتلفزيون، وهى تدفع من القالب بعد انتهاء عملية الكبس بواسطة قضيب الطرد.

ويمكن فى بعض الحـالات وضع قطع مـعـدنية مـثل المسـامـير المحـواة أو الصواميل وغيرها فى داخل القالب قبل الكبس، بحيث تثبت فى وضعها المطلوب فى البوليمـر المتصلب فى نهاية عملية الكبس، وتعرف هذه العـملية باسم «إدخال فى أثناء القولبة» «Insert Moulding»، وهى تجعل صنع بعض هذه الأدوات أكـثر يسرا وتوفر كثيرا من الوقت.

ويمكن كبس عدة أشـياء معا عندما تكون الأدوات المطلوبة صغـيرة الحجم، وتعمل بعض هذه المكابس بطريقة آليـة يمكن بواسطتها صنع نحو ١٠,٠٠٠ أداة من قالب واحد كل أسبوع.

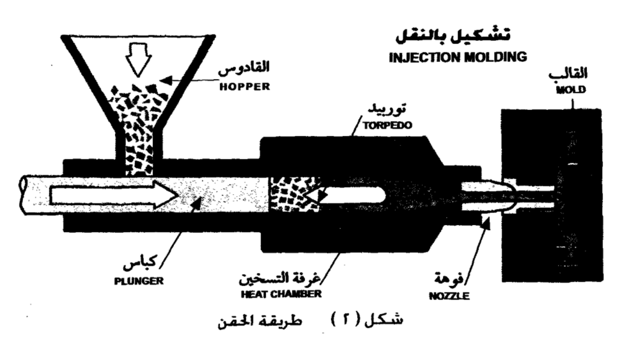


شكل (١) التشكيل بالنقل أو الكبس

طريقة الحقن Injection

ابتكرت هذه الطريقـة عام ١٩١٩، وهى تصلح تماما لتشكيل البوليمرات اللدنة حراريا.

والجهاز المستخدم فى هذه العملية يتكون فى أبسط صورة من قادوس توضع به حبيبات البوليمر، ومن حجرة خاصة للتسخين، ومن آلة دفع خاصة (محقن) يحدد مشوارها كمية البوليمر الذى يدفع من خلال حجرة التسخين إلى القالب الموجود بنهاية الجهاز (شكل ٢).



شكل (٢) طريقة الحقن

وتبدأ عملية الحقن بوضع حبيبات البوليمر اللدن حراريا مثل البولى ستايرين أو بولى أسيتات السليولوز، أو لدائن البولى فاينيل، فى قادوس الجهاز، ثم يبدأ المحقن فى دفع هذه الحبيبات إلى حجرة التسخين لتقابل جسما مستطيل الشكل يعرف باسم «الطوربيد». ويساعد هذا الجسم على ضمان تجانس البوليمر، كما يعمل على دفع البوليمر إلى الجدران الساخنة الملاصقة لحجرة التسخين وبذلك يعجل من انصهار البوليمر ويضمن تساوى درجات الحرارة فى المصهور الناتج، والتى قد تصل إلى نحو ١٥٠ ـ ٢٠٠°م تبعا لنوع البوليمر المستخدم.

ويدفع البوليمر المنصهر، وهو على هيئة شبه سائلة من فتحة خاصة فى نهاية غرفة التسخين، إلى القالب الذى يترك مقفلا لمدة عدة ثوان مع تبريده بالماء.

ويلاحظ فى هذه الطريقة أن القالب لا يسخن، ولكنه يبرد قبل فتحه بعد أن يتحول البوليمر المنصهر إلى شكل جامد، كذلك فإن البوليمر لا يوضع فى القالب على هيئة حبيبات، ولكنه يدخل إليه على هيئة شبه سائلة مما يجعله يتخذ شكل القالب الداخلى بدقة كبيرة.

ولا تصلح هذه الطريقة إلا لصنع الأدوات التى يمكن سحبها بسهولة من القالب بعد فتحه، كذلك يجب ألا تكون الأداة الناتجة سميكة حتى لا يحتاج تبريدها إلى وقت طويل، وقد يتسبب السمك الزائد للأداة فى انكماشها عند تبريدها بشكل غير متساو مما يسبب ظهور بعض العيوب بسطحها.

وقد استخدمت طريقة الحقن فى صنع كثير من الأدوات، مثل الأمشاط وشنابر النظارات وغيرها. وتعمل بعض هذه الآلات حاليا بطريقة آلية تصلح لاستعمالها فى إنتاج الأدوات على نطاق واسع، وتستطيع الآلة الواحدة التى قد تحتوى على عدة أجهزة حقن إنتاج آلاف من الأمشاط فى ثمانى ساعات كما تستطيع إنتاج عجلة قيادة السيارة فى نحو ٥٥ ثانية فقط.

وقد استبدلت عملية الدفع فى الآلات الجديدة بحلزون خاص يساعد على مزج حبيبات البوليمر كما يساعد على توزيع السخونة بشكل أفضل.

طريقة الصب Casting

أغلب اللدائن التى تستخدم هذه الطريقة فى تشكيلها هى لدائن الفينول ـ فورمالدهيد، وهى تكون فى العادة على هيئة سائل شرابى القوام يصب فى القالب المطلوب.

ولا تستعمل فى هذه الطريقة ضغوط من أى نوع، كما أن درجة الحرارة التى يتعرض لها البوليمر لا تكون عالية، ولهذا فإن القوالب المستخدمة فى هذه العملية لا تصنع من فلزات غالية الثمن كما فى حالة طريقة الكبس سابقة الذكر، بل يكفى أن يكون القالب مصنوعا من فلز الرصاص، مما يعطى هذه الطريقة ميزة

كبرى على غيرها من الطرق، فهى تقلل من تكلفة صنع القوالب بالإضافة إلى أن قالب الرصاص المستخدم، يمكن أن يصنع هو نفسه بطريقة الصب ويعاد استخدامه.

وبعد صب الراتينج السائل فى القالب، يسخن القالب فى فرن خاص لمدة قد تصل إلى عدة أيام، ولكن درجة حرارة الفرن قد لا تزيد على ١٠٠ْم. وبصفة عامة يعتمد زمن التسخين ودرجة الحرارة على نوع الراتينج المستخدم وعلى نوع الأداة التى ستنتج منه.

وبعد انتهاء تصلد الراتينج، تستخرج الأدوات من القالب بواسطة مطارق تعمل بالهواء المضغوط، وكثيرا ما يتحطم القالب فى هذه العملية، ولكن نظرا لأنه مصنوع من الرصاص، فيعاد صبه بعد ذلك.

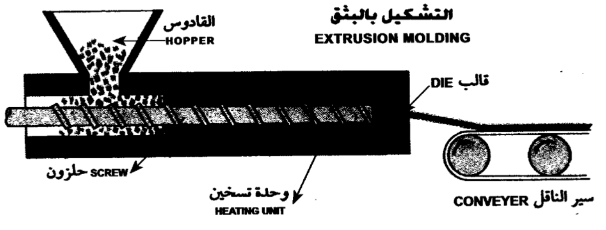
وقد استخدمت طريقة الصب فى صنع زجاج عضوى ملون، وذلك بصب الراتينج المناسب فى قوالب قليلة العمق مفتوحة، وهذه الطريقة تنتج ألواحا رقيقة شفافة مثل ألواح البرسبكس الناتجة من بولى مثيل ميثاكريلات.

كذلك استخدمت طريقة الصب فى صنع الأسنان الصناعية، وتتم فيها تطرية البوليمر ببعض المونومر حتى يتحول إلى عجينة يمكن ضغطها فى القالب المشابه للسن، ثم يسخن القالب لدرجة حرارة تسمح فقط بتفاعل المونومر المضاف مع البوليمر لتكوين وحدة واحدة، وتستعمل راتينجات الأكريليك عادة فى هذه العملية.

طريقة البثق Extrusion

تتلخص عملية البثق فى ضغط مصهور الراتينج لإجباره على المرور خلال فتحة معينة لها مقطع ثابت، وتشبه هذه العملية خروج معجون الأسنان من عبوته عند الضغط عليها.

وتتكون آلة البثق من أسطوانة بداخلها حلزون يساعد على دفع حبيبات الراتينج إلى المنطقة الساخنة فى مقدم الأسطوانة حيث ينصهر الراتينج ويندفع خارجا من فتحة خاصة فى نهايتها.



وقد استخدمت هذه الطريقة لتشكيل بعض البوليمرات اللدنة حراريا مثل أسيتات السليولوز، وتستعمل الحرارة فى هذه الحالة لتليين البوليمر فقط إلى حد يسمح بمروره من فتحة البثق. ومن الضرورى فى هذه الحالة تبريد البوليمر الناتج من البثق إلى ما دون درجة انصهاره حتى يمكن المحافظة على أبعاده وعلى شكله العام.

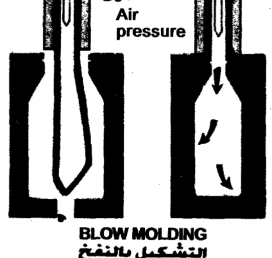
ويمكن أن يتم تبريد المادة الناتجة من البثق بواسطة تيار من الهواء أو بمرورها فى حوض يحتوى على الماء.

أما فى حالة اللدائن الجامدة حراريا فإن الحرارة تستخدم أولا لتليين البوليمر جيدا، ثم ترفع بعد ذلك لتحويله إلى الشكل الشبكى الجامد، ولهذا فإن ضبط الحرارة فى داخل جهاز البثق عامل هام حتى لا يتصلب البوليمر قبل الوقت اللازم أوالمناسب، وإلا أدى ذلك إلى تصلبه فى داخل الآلة ومنع الحركة فيها، ويصعب جدا بعد ذلك إخراجه منها.

ويتم ذلك عادة بضغط حبيبات البوليمر بواسطة الحلزون إلى غرفة منخفضة الحرارة فى منتصف آلة البثق، وعادة ما تحفظ درجة حرارة هذه الغرفة ثابتة بتبريدها بغلاف من الماء الجارى. ثم يدفع بعد ذلك البوليمر اللين إلى منطقة تصل فيها درجة الحرارة إلى نحو ١٣٠ ـ ١٦٠°م، ثم إلى نهاية الآلة وعندها تصل درجة الحرارة إلى ١٨٠°م، وهى تسمح بتحويل البوليمر إلى الشكل الشبكى الجامد فى خلال دقيقة ونصف تقريبا، وتبلغ سرعة مرور البوليمر فى هذه العملية نحو ١٥

سنتيمتـرا فى الدقيقة يمر فيها البـوليمر من حالة المسحوق أو الحبـيبات إلى الحالة اللدنة ثم إلى الحالة الصلبة الجامدة فى هذا الزمن القصير.

طريقة النفخ Blowing



BLOW MOLDING
التشكيل بالنفخ

تنفذ هذه الطريقة بنفس الأسلوب المتبع فى صناعـة الزجـاج لـتـشكيل الزجـاجـات وغيرها. وتعتمد هذه الطريقة على بثق أنبوبة مقفلة الطرف من مصهور البوليمر، ثم وضع هذه الأنبـوبة فى قـالب رأسى يتـكون من نصفـين منفصلين، وبعد إقفـال القالب يدفع الهواء فـى داخل الأنبوبة فـتبدأ فـى الاتساع حتى تلامس جدران القـالب الداخلية وتأخذ شكله تماما.

ويلاحظ أن تتناسب كـمية البـوليمـر المستـخدمة مع الشكل النـهائى للأداة المطلوب تشكيلها، وإذا زادت كمـيته أو قلت عن حد معين ظهـرت بعض العيوب التى لا يمكن إصلاحها فى شكل الأداة.

ولا تستغـرق هذه العملية وقتـا طويلا، فبمجرد مـلامسة البوليـمر لجدران القالب، تنـخفض درجة حـرارته إلى ما دون درجـة ليونته، ويمكن عـندئذ فتح القالب وإخراج الأداة المشكلة منه.

وعندما يحـتاج الأمر إلى إنتـاج أحجام كـبيرة من الزجـاجات أو الأدوات المجوفة، فإن الأمر يقتـضى استخدام كميات أكبر من مصـهور البوليمر الخارج من آلة البثق. وتتسبب الكتلة الكبيرة للبوليمر المستخدمة فى هذه الحالة فى حدوث مط للأنبوبة اللدنة تحت ثقل كتـلتها، مما يؤدى إلى أن يصبح الجزء الأسفل منهـا أكثر سمكا من جـزئها العلوى، ويظهر هذا العـيب بوضوح فى الأداة المشكلة فى هذه العملية.

ويمكن التغلب على هذا العـيب بتغيير فتحة جـهاز البثق فى أثناء تحـضير الأنبوبة من مصهـور البوليمر، فتكون فتحة البـثق التى يخرج منها الطرف المسدود

للأنبوبة ضيقة فى أول الأمر، ثم تتسع تدريجيا حتى نهاية عملية البثق، وبذلك يكون الجزء المسدود من الأنبوبة أقل سمكا من جزئها العلوى، وعند إدخالها فى القالب يضيع هذا الفارق فى السمك ويختفى تماما بسبب مط الأنبوبة تحت ثقل كتلتها، ويتساوى سمك جدرانها فى كل مكان.

اللدائن الرقائقية Laminated Plastics

تتكون اللدائن الرقائقية أساسا من مادتين، المادة الرابطة وهى الراتينج، والمادة ذات الألياف مثل الورق أو القماش أو السيزال أو الجوت.

والمادة الرابطة التى تستخدم عادة فى صنع اللدائن الرقائقية مثل الفورميكا وغيرها، تكون عادة من نوع اللدائن الجامدة حراريا، مثل راتينجات الفينول فورمالدهيد أو الراتينجات الأمينية.

ويستعمل الخشب أحيانا فى صنع هذه الرقائق، فتشبع بعض الألواح الرقيقة منه بالراتينج، وفى هذه الحالة يحتفظ الخشب بمظهره الطبيعى بالإضافة إلى اكتسابه للقوة والمتانة. كذلك يمكن استعمال ألياف الأسبستوس عند صنع لدائن رقائقية تقاوم تأثير الحرارة.

وقد استعملت المايكا فى صنع رقائق من هذا النوع لها صفة العزل وتقاوم تأثير التيار الكهربائى، وتتنوع خواص الرقائق الناتجة بتغيير نوع الراتينج المستخدم، وكذلك بتغيير حجم القشور أو صفائح المايكا المستعملة.

ونظرا لأن المايكا ذات سطح لامع وأملس، فإنه يصعب التصاق الراتينجات الفنولية أو الأمينية بها، ولذلك تستعمل عادة فى هذه الرقائق مادة رابطة أخرى مثل ورنيشات الشيلاك أو البتيومين أو راتينجات الألكيد. وهكذا يمكن اعتبار اللدائن الرقائقية المحتوية على المايكا مجموعة قائمة بذاتها تعتمد فى خواصها على مدى التصاق قشور المايكا وتماسكها بالراتينج المستخدم.

وتحضر اللدائن الرقائقية عادة بإحدى الطريقتين التاليتين:

١ ـ معاملة النسيج الجاهز أو المادة ذات الألياف بشكلها الطبيعى بالراتينج.

٢ ـ خلط المادة الرابطة وهى الراتينج بالألياف القصيرة أو بالشرائح الصغيرة قبل تحويلها إلى صفائح.

وتتميز الرقائق الناتجة من الطريقة الأولى بقوة شد عالية، بسبب انتظام ألياف النسيج فى داخلها، وتتلخص هذه الطريقة فى إمرار الورق أو النسيج مثل القطن أو الكتان على درافيل دوارة، تنغمس فى أثناء دورانها فى محلول الراتينج، ثم ينقل النسيج المشبع بالراتينج بعد ذلك إلى غرف التجفيف للتخلص من المذيب المتطاير الذى يجمع لإعادة استخدامه.

وتعتمد نسبة الراتينج التى يحملها النسيج على درجة لزوجة محلول الراتينج، وعلى السرعة التى يمر بها النسيج فى هذا المحلول، وقد تصل نسبة الراتينج فى بعض هذه الرقائق إلى نحو ٥٠٪ من وزنها الجاف.

ويمكن تقطيع الرقائق الناتجة من هذه العملية إلى شرائح، ووضعها بعضها فوق بعض ثم كبسها معا حتى يتحول الراتينج بالضغط والحرارة إلى التركيب الشبكى الجامد.

كذلك يمكن صنع أنابيب من هذا النسيج المحمل بالراتينج، وذلك بلفه حول أسطوانات معدنية خاصة ثم ضغطه وهو حول هذه الأسطوانات بين أسطوانات دوارة أخرى ساخنة، حتى يتحول الراتينج إلى التركيب الشبكى الجامد.

أما الطريقة الثانية لتحضير هذه الرقائق فيضاف فيها الراتينج على هيئة محلول أو مصهور إلى الألياف القصيرة أو بعض الشرائح الصغيرة، وقد يضاف الراتينج على هيئة مسحوق إلى لب الخشب فى أثناء صبغ الورق، مما يضمن توزيعا متجانسا للراتينج بين هذه الألياف.

وقد استعملت اللدائن الرقائقية فى كثير من الأغراض، فاستعملت فى أعمال الديكور، وفى عمليات بناء المساكن وفى المحلات التجارية، وفى تغطية الموائد، كما استعملت فى داخل كل من القطارات والطائرات لخفة وزنها وصلابتها.

الأفلام والشرائح

يطلق اسم الفيلم على الغشاء الذى يتراوح سمكه بين ١ ـ ١٥ مليمترا، ويطلق اسم الشرائح على الأغشية التى يزيد سمكها على ذلك.

وقد كـان العالم الألمانى «شـونباين» «Schönbein» هو أول من صنـع عـام ١٨٤٦، فيلما رقيقا من النتـروسليولوز، بوضع محلوله على شريحة من الزجاج، ثم تركه للمحلول حتى يتبخر منه المذيب، وحصل بذلك على غشاء رقيق شفاف.

وقد أرسل «شونباين» هذا الفيلم الذى كان شيئا جديدا فى ذلك الحين، إلى العالم البريطانى «فاراداى» «Faraday»، واقتـرح أن يستخدم هـذا الفيلم فى صنع أوراق البنكنوت لمتانته، ومقاومته العالية للماء.

وقد استـخدمت بعـد ذلك عام ١٨٨٤ شرائح أكـثر سمكا مـن السليولويد (النتروسليولوز + الكافـور) فى صنع بدائل ألواح الزجاج، ولكن التقدم الحـقيقى فى صنع هذه الأفـلام بدأ فى عام ١٨٦١ عندمـا ابتكر «راسل» «Russell» طريقة عرفت باسم « طريقـة الكلوديون المبتل» «Wet Collodion» لصنع أفلام التـصوير الضوئى.

وتتضمن هذه الطريقـة فى صب محلول من الكلوديون مع يوديد الألومنيوم على شرائح زجاجية، ثم غمر هذه الشرائح فى محلول من نترات الفضة، فيتكون بذلك يوديد الفضة فى داخل طبقة من النتروسليولوز، واستخدمت هذه الأفلام فى التصوير.

والأفلام الناتجة من مـثل هذه الطرق كانت ذات أطوال قصيرة يعتـمد طولها على طول شرائح الزجاج التى تصب عليها، ولم يصنع أول فيلم طويل متصل إلا عام ١٨٩٩ عندما ابتكرت طريقة صب محلول النتروسليولوز على أسطوانات تدور حول محورها باستمرار.

والطريقة المستعملة لهذا الغرض تتلخص فى إذابة النتروسليولوز المضاف إليه القـدر المناسب من الكافور، فى وعـاء خـاص به قلاب، فى خليط من الكحـول والأثير. ويمكن استعمال أسيتـات السليولوز لإنتاج أفلام لا تقبل الاشتعال، وفى هذه الحالة يستعمل الأسيتون كمذيب.

والمحلول الناتج عادة ما يكون لزجا، وتصل نسبة المادة اللدنة إلى نحو ٢٥٪ بالوزن، ويدفع هذا المحلول بعد ذلك إلى مجموعـة من المرشحات التى تحتوى فى

داخلها على نسيج خاص، وذلك باستخدام مضخة خاصة تساعد على سرعة عملية الترشيح.

ويخرج المحلول الرائق من هذه المرشحات ليدخل فى خزان خاص يحيط به غلاف يسمح بمرور البخار حوله لتسخين المحلول، والهدف من هذه العملية هو التخلص من فقاعات الهواء حتى لا تظهر هذه الفقاعات فى الفيلم النهائى، (شكل ٣).

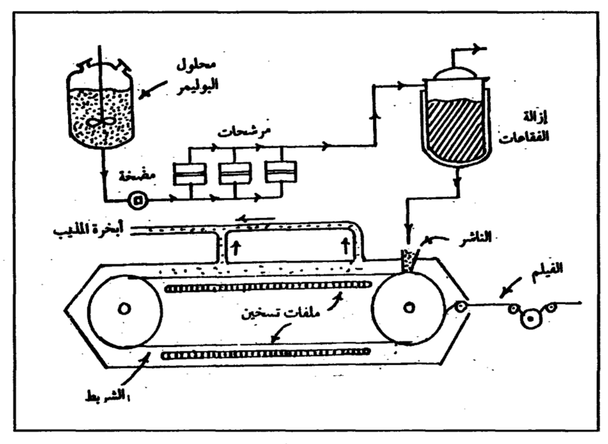
وبعد أن يترك المحلول مدة فى هذا الخزان الأخير حتى تتصاعد منه كل فقاعات الهواء، يسحب المحلول الرائق من الخزان ويوجه إلى أداة بسيطة تشبه القمع أو القادوس، وتعرف باسم «الناشر» «Spreader» (شكل ٤) ومهمته نشر طبقة رقيقة من محلول البوليمر على السطح الموجود أسفل منه، ويمكن التحكم فى سمك هذه الطبقة بتحريك «الناشر» إلى أعلى أو إلى أسفل حسب الحاجة إلى ذلك.

وينزل المحلول من «الناشر» إلى سطح أسطوانة من الصلب الذى لا يصدأ تدور حول محورها بسرعة بطيئة ويمكن تسخينها أو تبريدها بملفات خاصة فى داخلها. وعندما يتبخر المذيب يتبقى على سطح الأسطوانة غشاء رقيق هو الفيلم المطلوب.

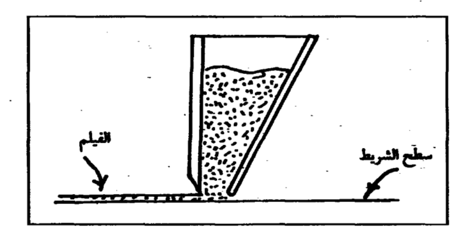
وقد ابتكرت هذه الطريقة فى الولايات المتحدة وفى ألمانيا وكذلك فى فرنسا، ولكنها تغيرت بعد ذلك إلى الطريقة الحديثة التى يصب فيها محلول المادة اللدنة على شرائط خاصة بدلا من صبه على سطح الأسطوانات.

ويدور الشريط الذى يصب عليه المحلول، بين أسطوانتين تفصلهما مسافة معينة، ويحمل الشريط خلال قطعه لهذه المسافة على عجلات صغيرة لضمان انتظام سرعته.

ويصب محلول المادة اللدنة على الشريط من الناشر الموضوع فوق سطح الأسطوانة الأولى، ويتحرك الشريط بسرعة محسوبة متجها إلى الأسطوانة الثانية، وهو يشبه حزاما يدور حول محورين (شكل ٣)، وتوجد تحت هذا الشريط فى أثناء دورانه ملفات تسخين لتساعد على تبخير المذيب.



شكل (٣) صناعة الأفلام من اللدائن



شكل (٤) الناشر Spreader

وتوضع هذه المجموعة التى تتكون من الشريط الدوار والأسطوانتين فى داخل غلاف من الصلب به زجاج للرؤية يسمح بمتابعة العملية، ويحتوى الهواء الخارج من هذا الغلاف على أبخرة المذيب الذى يجمع ويعاد استخدامه، إما بتبريد الهواء أو بإمراره فى فحم منشط لامتصاص أبخرة المذيب الذى يعاد إطلاقه منه بإمرار البخار فى مسام الفحم.

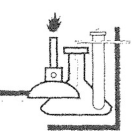
وقد طورت هذه العملية بوضع طبقة من الجيلاتين الملدن بقليل من الجليسرين على سطح الشريط المعدنى، ويتحول هذا الجيلاتين عندما يبرد إلى هلام ويكون سطحه أملس تماما.

ولا تصلح هذه الطريقة إلا فى إنتاج أفلام من أسيتات السليولوز لأن الجيلاتين لا يذوب فى الأسيتون المستخدم لإذابة الأسيتات، أما فى حالة صنع أفلام من النتروسليولوز فلا تستعمل هذه الطريقة لأن الكحول المستخدم فى تحضير محلول النتروسليولوز يؤثر على سطح الجيلاتين ويسبب التصاقه بسطح الفيلم الناتج.

وتستخدم هذه الطريقة فى صنع أفلام السينما وأفلام التصوير وكذلك الأفلام الخاصة بالأشعة السينية، وعادة ما تنتج هذه الأفلام على هيئة شريط متصل طوله ١٠٠٠ قدم، ويلف على بكرة خاصة فى نهاية الآلة، ويمكن بعد ذلك تقطيعه إلى الطول والعرض المطلوبين.

والنتروسليولوز المستعمل فى صنع هذه الأفلام يحتوى على ١١,٧٪ من النتروجين بدلا من النسبة المعتادة [١٠,٨ ـ ١١,١٪]، وذلك لأن هذا النوع من النتروسليولوز سريع الذوبان كما أن مقاومته للماء جيدة جدا، ويضاف إلى محلوله ١٠٪ كافور لإنتاج فيلم مرن ولا يتشقق.

كذلك تحتوى أسيتات السليولوز المستخدمة فى صنع الأفلام على نحو ٣٪ زيادة من مجموعة الأسيتات، وقد استعملت الأسيتات الثلاثية حديثا لهذا الغرض.



هذا الكتاب

الصناعات الكيميائية ركيزة هامة من ركائز الاقتصاد القومى فى كثير من الدول، وقد صدرت هذه السلسلة على أمل أن تسد حاجة القارئ إلى مزيد من دراسة ومعرفة هذا النوع من الصناعات الأساسية.

وهذا الكتاب هو الجزء الثانى من سلسلة الصناعات الكيميائية، وهو يتناول صناعة اللدائن والراتينجات والبوليمرات والألياف الصناعية وطرق تحضيرها وخواصها واستخداماتها.

ويتضمن أيضا طرق تحضير اللدائن والخيوط التى من أصل طبيعى مثل خيوط النتروسليولوز والفسكوز والرايون وبعض لدائن الكيزين. كذلك يشتمل على اللدائن المخلقة بطريقة البلمرة مثل البولى إيثلين والبولى ستايرين وبوليمرات الفاينيل، واللدائن والخيوط الأخرى المخل بطريقة التكثيف مثل البولى إستر والنايلون والكابرولاك وغيرها.

كما يحتوى هذا الجزء على بعض الاتجاهات الحديثة صناعة اللدائن والبوليمرات، مع نبذة عن الطرق المخت المستخدمة فى صنعها وفى تشكيلها.

تطلب جميع منشوراتنا من وكيلنا الوحيد بدولة الكويت دار الكتاب الحديث